



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**“Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**AUTORAS:**

JULIA ADRIANA ARPI BARRERA  
C.I. 0104493697  
MARCIA JOHANNA YUNGA GUAMÁN  
C.I. 0105825806

**DIRECTOR:**

DR. WILSON GIOVANNI LARRIVA. MSC  
C.I. 0102194248

**ASESORA:**

DRA. MARÍA ELENA CAZAR RAMÍREZ. PHD  
C.I. 0602243800

**CUENCA – ECUADOR**

2017



## RESUMEN

El trabajo de titulación consiste en la EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS SECTORES CORAZÓN DE MARÍA Y ZHIRINCAY DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES. En el que se realizó los análisis físico-químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Análisis de la Calidad de Aguas de la Facultad de Ciencias Químicas.

El estudio tiene un diseño de investigación analítica, no experimental, descriptiva y de corte transversal. Se evaluaron 128 muestras en total, durante 8 semanas en los meses de Noviembre y Diciembre del 2016. En cuanto a los parámetros Fisicoquímicos se realizaron: color, turbidez, pH, conductividad, alcalinidad, dureza total, sulfatos, cloro libre, nitritos y nitratos. En los parámetros microbiológicos se determinó coliformes totales mediante el método del NMP (número más probable). El 100 % de las muestras no presentaron bacterias coliformes totales y por ello no se determinó coliformes fecales.

Los valores de los parámetros analizados: color, turbiedad, nitritos, nitratos y cloro libre se encuentran dentro de los límites permisibles dada en la normativa vigente NTE INEN 1108:2014; mientras que el pH, sulfatos, dureza total cumplen con los valores establecidos en la NTE INEN 1108:2006 y en lo referente a la conductividad y alcalinidad cumplen con los valores establecidos por la OMS. Estos parámetros que han sido evaluados son indicadores de la calidad sanitaria del agua. En otros estudios realizados se ha indicado que hay diversos factores que pueden causar alteraciones gastrointestinales, por ejemplo: el incorrecto lavado de frutas, hortalizas, malos hábitos de higiene, inadecuado saneamiento, control de vectores y dietas no balanceadas.

Por último se pudo concluir que la población de Bayas consume agua de calidad óptima, el mismo que es reflejado en los resultados obtenidos.

**Palabras Claves:** Bayas, Calidad de agua, Parámetros fisicoquímicos, Parámetros microbiológicos, NTE INEN 1108:2014, NTE INEN 1108:2006



The thesis consists in the EVALUATION OF THE WATER'S QUALITY IN THE SECTORS CORAZÓN DE MARÍA AND ZHIRINCAY OF THE JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES. The physical-chemical and microbiological analyzes were performed in the Laboratory of Analysis of the Water Quality of the Faculty of Chemical Sciences.

The research has an analytical investigation, no-experimental, descriptive and transversal cut design. One hundred twenty eight samples were evaluated during 8 weeks between November and December of 2016. Concerning physico-chemical parameters such as color, turbidity, pH, conductivity, alkalinity, hardness total, sulfates, free chlorine, nitrites and nitrates. In the microbiological parameters, they determined total coliforms by the MPN method (Most Probable Number). One hundred per cent of the samples had not present coliform bacterias and therefore not necessary perform fecal coliform determination.

The analyzed parameters values: color, turbidity, nitrites, nitrates and free chlorine are within the permissible limits given in the current legislation NTE INEN 1108: 2014; by the other hand, pH, sulfates, total hardness comply with the values established in NTE INEN 1108: 2006 and in terms of conductivity and alkalinity comply with the values established by the OMS. These parameters that have been evaluated are indicators of the water sanitary quality. However other studies indicated that there are several factors that can cause gastrointestinal alterations, for example: fruits and vegetables improper washing, bad habits of Hygiene, inadequate sanitation, vector control and unbalanced diets.

In conclusion, Bayas population consume optimum quality water, this is reflected in the obtained results.

**Key words:** Bayas, water quality, Physicochemical parameters, microbiological parameters, NTE INEN 1108: 2014, NTE INEN 1108:



## Índice General

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
ABREVIATURAS .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
OBJETIVOS .....	16
I.        Objetivo General.....	16
II.       Objetivos específicos.....	16
1.- EL AGUA .....	17
1.1.      El agua para consumo humano .....	17
1.2.      Calidad de agua potable.....	18
1.3.      Propiedades fisicoquímicas del agua potable .....	18
1.3.1.  Propiedades físicas.....	19
1.3.1.1  Color.....	19
1.3.1.2  Turbiedad.....	19
1.3.1.3.  pH (Potencial de hidrógeno). ...	20
1.3.1.4.  Conductividad. ....	20
1.3.2.  Propiedades químicas.....	20
1.3.2.1.  Alcalinidad.....	20
1.3.2.2.  Dureza .....	21
1.3.2.3  Cloro libre.....	21
1.3.2.4  Sulfatos.....	22
1.3.2.5.  Compuestos nitrogenados. ....	22
1.4.      Análisis bacteriológico del agua.....	23
1.4.1.  Organismos patógenos.....	24
1.4.2.  Indicadores microbiológicos .....	24
1.4.2.1  Coliformes Totales.....	24
1.4.2.2  Coliformes Fecales.....	24
1.4.2.3  Echerichia coli.....	25
1.4.3.  Identificación de bacterias.....	25
1.4.3.1.  Fase Presuntiva.....	24
1.4.3.2.  Fase Confirmatoria coliformes fecales .....	24
1.4.3.3.  Fase Confirmatoria de Echerichia coli.....	24
1.4.3.4.  Determinación del número má probable .....	24



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.	METODOLOGÍA.....	27
2.1.	Tipo de investigación.....	27
2.2.	Área de estudio .....	27
2.2.1.	Materiales y equipos. ....	29
2.3.	Muestreo .....	29
2.3.1.	Determinación de color: .....	30
2.3.2.	Determinación de la turbiedad.....	31
2.3.3.	Determinación del pH.....	31
2.3.4.	Determinación de conductividad .....	32
2.3.5.	Determinación de la alcalinidad.....	32
2.3.6.	Determinación de dureza total.....	34
2.3.7.	Determinación de nitratos .....	35
2.3.8.	Determinación de nitritos.....	36
2.3.9.	Determinación de sulfatos .....	36
2.3.10.	Determinación de cloro libre.....	36
2.4.	Muestreo para análisis microbiológico .....	37
2.4.1.	Determinación de coliformes totales.....	37
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	39
3.1.	Parámetros de la calidad de agua potable.....	39
3.1.1.	Parámetros físico-químicos. Son los siguientes: .....	39
3.1.2.	Parámetros microbiológicos. ....	39
3.2.	Análisis estadístico .....	39
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
4.1.	Conclusiones.....	43
4.2.	Recomendaciones.....	44
	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIA. ....	45
	ANEXOS.....	48



Tabla 1.- Clasificación de la Dureza del Agua .....	21
Tabla 2.- Resumen de promedios y desviación estándar de los parámetros de calidad de agua potable, evaluados en los sectores Corazón de María y Zhirincay de la parroquia Bayas .....	40

ÍNDICE DE LAS FIGURAS.

Figura 1.- Determinación del color.....	30
Figura 2.- Determinación de la turbiedad.....	31
Figura 3.- Determinación del pH.....	32
Figura 5.- Determinación de la conductividad.....	32
Figura 6.- Determinación de la alcalinidad.....	33
Figura 7.- Determinación de la Dureza total .....	35
Figura 8.- Determinación de nitratos .....	35
Figura 9.- Determinación de Coliformes Totales.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1.- Valores de referencia de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014 y de la NTE INEN 1108:2006 .....	48
Anexo 2.- Tabla para la determinación del NMP .....	50
Anexo 3.- Preparación del medio de cultivo.....	51
Anexo 4.- Ficha técnica del Caldo LST.....	52
Anexo 5.- Tablas de Resultados de los análisis fisicoquímicos .....	54
Anexo 6.- Resultado del análisis biológico .....	60
Anexo 7.- Viviendas en las cuales se tomaron las muestras de agua para los respectivos análisis .....	61
Anexo 8.- Fotos.....	62



## UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

JULIA ADRIANA ARPI BARRERA, autora del Trabajo de Titulación “Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, Febrero del 2017

Julia Adriana Arpi Barrera

CI: 0104493697



## UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

JULIA ADRIANA ARPI BARRERA, autora del Trabajo de Titulación “Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Febrero del 2017

Julia Adriana Arpi Barrera

C.I. 0104493697





## UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

MARCIA JOHANNA YUNGA GUAMÁN, autora del Trabajo de Titulación “Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, Febrero del 2017

Marcia Johanna Yunga Guamán  
C.I. 0105825806



## UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

MARCIA JOHANNA YUNGA GUAMÁN, autora del Trabajo de Titulación "Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Febrero del 2017

Marcia Johanna Yunga Guamán

C.I. 0105825806



## DEDICATORIA

### **A Dios**

Por darme la oportunidad de vivir y por permanecer cada instante a mi lado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y apoyo incondicional durante la realización de mi tesis.

### **A mi mami Julia**

Por darme la vida, por sus buenos consejos, por darme esa palabra de aliento en el momento indicado, pero más que nada, por su amor.

### **A mi papi Luis**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan, que siempre me ha infundido, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### **A mi hermanito Mateo y mi sobrina Camila**

Por alegrarme los días con sus travesuras inocentes, y para que vean en mí un ejemplo a seguir, los quiero mucho.

### **A mi hermano Luis Miguel y esposa Brigitte**

Por su apoyo y preocupación para no decaer y seguir adelante, les quiero mucho.

### **A mi novio Andrés**

Ya que sin lugar a dudas es mi apoyo incondicional, por sus cargas positivas y ánimos que me alentaban para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

### **A mí querida amiga y compañera de tesis Marcia**

Por darme la mano cuando la necesitaba, por los buenos momentos que convivimos, y por todas las ganas que le puso para terminar con éxito nuestra tesis, y por ende nuestra carrera universitaria.

### **A mis familiares**

A todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

**Adriana**



UNIVERSIDAD DE CUENCA

## DEDICATORIA

Le dedico a Dios por haberme brindado la vida, por el amor infinito, por ser el guía de mi camino y por darme la sabiduría para poder realizarme como ser humano.

A mis padres Miguel Yunga y Rosa Guamán por ser ese pilar de mi vida para seguir adelante, por el apoyo, la comprensión y el amor que me han brindado durante toda mi vida.

A mis hermanos y mi familia por haberme brindado siempre ese apoyo, cariño, amor y comprensión cuando más lo necesitaba durante mi vida.

A mí querida amiga y compañera de tesis Adriana por todos esos días juntas compartiendo momentos inolvidables y por el esfuerzo brindado para poder cumplir nuestra meta.

**Marcia**



## AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida y permitirnos culminar con éxito nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres por la motivación, el apoyo incondicional y la comprensión para hacer posible nuestros sueños y alcanzar nuestras metas.

Al Doctor Giovanni Larriva, director tutor del presente trabajo, con sus amplios conocimientos y experiencias, para orientarnos y plasmar las expectativas de nuestro trabajo de graduación.

A la Doctora María Elena Cazar, por sus conocimientos y espontaneidad, los mismos que fueron de mucho valor para realizar éste trabajo.

A la Junta de Agua Potable de Bayas y de manera especial al Ingeniero Edgar Gallegos, por facilitarnos los medios y su colaboración incondicional que nos ha manifestado durante el desarrollo de nuestro trabajo.

A nuestros amigos que nos brindaron su valiosa amistad y con quienes compartimos momentos cruciales durante nuestra vida estudiantil.

A los profesores que nos han acompañado en este andar de la vida, influyendo con sus ejemplos, lecciones y experiencias; para de ésta manera ser profesionales útiles a la sociedad y estar preparadas para los retos que se presenten en la vida. Muchas gracias a Todos. LOS RECORDAREMOS SIEMPRE.

**Adriana y Marcia**



## ABREVIATURAS

**$\mu$ S/cm:** microsiemens/centímetro.

**AWWA:** American Water Works Association.

**BPL:** Buenas Prácticas de Laboratorio.

**C.F:** Coliformes fecales.

**C.T.:** Coliformes totales.

**CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

**CLSS:** Caldo Lauril Sulfato de Sodio.

**EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético.

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**LMP:** Límite máximo permitido.

**NMP:** Número Más Probable.

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana.

**NTU:** Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**UTC.:** Unidad de color verdadero.



La Universidad de Cuenca se involucra en los procesos de apoyo científico para impulsar iniciativas orientadas a la vinculación con la colectividad, por ello han elaborado y firmado un convenio de carácter general para construir un proceso de vinculación entre la Facultad de Ciencias Químicas y la Junta de Agua Potable Regional Bayas. El mismo que tiene como fin desarrollar una experiencia de colaboración recíproca para conseguir una calidad de agua confiable para la población.

La calidad del agua potable es un tema de gran importancia en países de todo el mundo ya que garantiza una buena calidad de vida a la población proporcionando beneficios significativos para la salud, pues al ser contaminadas tienden a asumir un gran impacto sobre la salud causando enfermedades infecciosas, tóxicas y crónicas; sobre todo en pacientes vulnerables como los adultos mayores, lactantes y los niños de corta edad.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha creado guías de calidad de agua para promover la adopción de normas y reglamentos que puedan aplicarse y hacerse cumplir fácilmente, por consiguiente proteger la salud pública. En nuestro país existe un gran número de plantas procesadoras de agua potable que cumplen con la norma vigente INEN 1108, sin embargo el riesgo para la salud aún persiste, debido a la contaminación en las fuentes o la falta de acceso donde las plantas procesadoras no puedan proveer de agua potable. La mala calidad del agua es debida al déficit en el procesamiento, infraestructura inadecuada, monitoreo incorrecto y en el alcance tecnológico en donde existen plantas que disminuye su calidad. (Lenntech, 2006)

Según la OMS en el tema del agua se calcula que unas 842.000 personas mueren cada año por diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos, (OMS, 2016)

Para garantizar la calidad del agua es necesario el uso de barreras múltiples desde la cuenca de captación hasta el consumidor; mediante la potabilización se realiza la inocuidad del agua, el mismo que remueve todas las impurezas con las que llega a la planta.

El diagnóstico de la calidad de agua suministrada por la planta potabilizadora regional Bayas se determinó mediante el análisis de algunos parámetros físico-químicos, y mediante el análisis microbiológico para detectar la presencia o ausencia de



## **UNIVERSIDAD DE CUENCA**

microorganismos coliformes en el agua a través de métodos y técnicas utilizadas a nivel nacional y que han sido validadas por la confiabilidad de sus resultados.

Con el presente trabajo se pretende estudiar y evaluar la calidad de agua proporcionada por la Junta de Bayas desde un enfoque analítico con el fin de aportar algunos datos pormenorizados de interés en la planificación y gestión del tratamiento de agua potable, que puedan ser de utilidad a la Administración, a los Agentes Sociales y a los Servicios de Prevención de Sanidad.

## **OBJETIVOS**

### **I. Objetivo General**

- Evaluar la calidad de agua de consumo humano en los sectores CORAZÓN DE MARÍA y ZHIRINCAY, ubicado en la parroquia Bayas del Cantón Azogues.

### **II. Objetivos específicos**

- Evaluar los requisitos físico-químicos del agua de consumo establecidos por la normativa vigente ecuatoriana a nivel domiciliario en la parroquia Bayas, Cantón Azogues.
- Evaluar los requisitos microbiológicos del agua de consumo establecidos por la normativa vigente ecuatoriana a nivel domiciliario en la parroquia Bayas, Cantón Azogues.
- Determinar la calidad microbiológica del agua de consumo mediante la valoración de microorganismos Coliformes totales y Coliformes fecales utilizando el método NMP/100ml.





Todos los estudios científicos han demostrado que el agua es un elemento indispensable para la vida de todas las personas, animales y plantas que existen en el planeta. Debido a esto debemos tomar conciencia, para dar un uso adecuado de este elemento vital que poseemos y priorizar su cuidado para el consumo humano. (Sánchez, 2011)

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, conocido comúnmente como un solvente o disolvente universal. Entre las propiedades intrínsecas del agua se destacan:

- Punto de fusión: 0°C.
- Punto de ebullición: 100°C.
- Densidad: 1,0 kg/L a 4°C.
- Masa molecular o mol: 18g.
- Calor específico: 1 cal/g °C. (Rojas, 2002)

### 1.1. El agua para consumo humano

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo. Ecuador no es una excepción, algunas poblaciones se ven obligadas a beber de fuentes cuya calidad no es apropiada y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. (Camacho, 2011)

Se entiende por “agua apta para el consumo” aquella que no contiene ningún elemento en cantidad o concentración que sea perjudicial para la salud humana y cumplen con los valores establecido en la normativa vigente NTE INEN 1108:2014 los parámetros color, turbiedad, nitritos, nitratos y cloro libre (Anexo 1); con la NTE INEN 1108:2006 el pH, sulfatos, dureza total (Anexo 1) y según OMS los valores de la conductividad y alcalinidad, por lo que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (Camacho, 2011)

El agua potable deberá contener un nivel mínimo de desinfectante residual, en el caso del hipoclorito será de 0,3 mg/L en todos los puntos de red, es decir en las casas. En estas condiciones el agua puede ser utilizada por el ser humano en sus quehaceres diarios como son: ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de ropa,



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

servicio sanitario y otros menesteres, la cual debe cumplir con las disposiciones de los valores recomendables o máximos admisibles organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos emitidos mediante las normas y reglamentos establecidos para la calidad de agua potable. (Cueva, 2008)

### 1.2. Calidad de agua potable

La calidad del agua potable involucra tanto a las características físicas, químicas y biológicas que tenga el agua. El concepto ha sido relacionado al uso del agua para el consumo humano, entendiéndose que puede ser usada cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y a su vez no transmitan sensaciones sensoriales desagradables, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. (Mólgora, 2008)

Generalmente se mide por la presencia y cantidad de contaminantes existentes en el agua, y para conocer con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado. (Vera, 1996)

Dado que el agua es esencial para todos los seres vivos, debe poseer las siguientes condiciones:

- **Condiciones físicas:** debe ser clara, transparente, inodora e insípida.
- **Condiciones químicas:** disolver completamente el jabón sin formar grumos, libre de sustancias tóxicas, metales pesados y el pH debe estar entre 6 y 8.
- **Condiciones biológicas:** debe estar libre de organismos patógenos, con alto contenido de oxígeno y la temperatura no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente. (Lenntech, 2006)

### 1.3. Propiedades fisicoquímicas del agua potable

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, unidos por enlaces covalentes muy fuerte lo que le permite ser una molécula muy estable. Esta estructura le confiere al agua características físicas y químicas de gran importancia dentro de las funciones biológicas, debido a su capacidad de solvente, de transporte, estructural y termorreguladora. (Carbajal & González, 2012)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos vista y olfato, tienen directa incidencia sobre la aceptabilidad. Las características químicas del agua le permiten realizar diversas reacciones químicas como por ejemplo la acción termorreguladora siendo ésta una de las funciones más importantes. (Carbajal & González, 2012)

### 1.3.1. *Propiedades físicas*

**1.3.1.1.** *Color.* es la capacidad de absorber radiaciones en el campo del espectro visible. Es un posible indicador de contaminación del agua.

Existen dos tipos de color: el verdadero y aparente. El primero es después de que se elimina la turbiedad. El segundo es el producido por las sustancias disueltas y materiales en suspensión en el agua. El color puede ser debido a la presencia de iones metálicos naturales, humus, vegetales, turba y desechos industriales. Se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co), la unidad es producida por 1mg/L de platino en forma de ion cloroplatinato. (INEN 970, 1983)

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014 fija como límite máximo permisible 15 Unidades de color aparente (Pt-Co). (INEN, 2014)

**1.3.1.2.** *Turbiedad.* Es una característica óptica muy importante relacionada con la calidad del agua. Es cuando un líquido tiene la capacidad de diseminar un haz luminoso, ocasionada por la presencia de material insoluble en suspensión como la arcilla, sedimentos, partículas orgánicas coloidales, algas o por crecimientos bacterianos.

La turbidez de manera excesiva puede proteger a los microorganismos de los desinfectantes, y por consiguiente requiere mayor demanda de Cloro. La medición de la turbidez se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Los resultados de la turbidez se expresan en Unidad de Nefelometría de Turbidez (NTU). (Wu, 2009)

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014 fija como límite máximo permisible 5 NTU.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**1.3.1.3.** *pH (Potencial de hidrógeno).* Es la medición de la concentración de los iones hidronio. El pH intermedio es de 7 que es idóneo para el agua pura, valores menores a 7 son aguas ácidas y ayudan en la corrosión de sustancias metálicas que tengan contacto con ella, también en la coagulación y desinfección; pero si son muy ácidas debemos adicionar un álcali que en ocasiones es cal para optimizar el proceso de coagulación. Las aguas que poseen pH mayores a 7 son básicas y pueden dar lugar a incrustaciones. Se debe tener en cuenta que a medida que aumenta la temperatura también aumenta el pH. (Quintuña & Samaniego, 2016)

En la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2006 se encuentra dentro del Límite Máximo Permisible valores de 6,5-8,5. (INEN, 2006)

**1.3.1.4.** *Conductividad.* Es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Cuando está alta la conductividad significa que el agua contiene material ionizante, es decir aniones y cationes. La unidad que utilizamos es en microsiemens/cm. (Quintuña & Samaniego, 2016)

El agua químicamente pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. La presencia de sustancias iónicas con carga eléctrica hace que el agua conduzca electricidad. La concentración iónica incrementa la conductividad y ésta la temperatura, la medición de la conductividad nos indica la concentración iónica de la muestra de agua. (Zhen, 2008)

### **1.3.2. Propiedades químicas**

**1.3.2.1.** *Alcalinidad.* Se realiza mediante el análisis volumétrico y nos permite determinar la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. El pH, la temperatura, la composición inicial del agua y la fuerza iónica influyen sobre la alcalinidad; la alcalinidad está determinada por ácidos débiles como: bicarbonatos, carbonatos, hidroxilos, sulfuros, bisulfuros, silicatos y fosfatos. (Goyenola, 2007)

La alcalinidad es un factor importante durante la potabilización del agua ya que éste puede reaccionar con los coagulantes utilizados en el proceso de coagulación, además debido a la alcalinidad puede causar incrustaciones en las tuberías y si son elevados los valores puede tener efectos en el sabor del agua. (Zhen, 2008)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**1.3.2.2.** *Dureza.* Pertenecce a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, siendo las más comunes las de calcio y de magnesio. No se ha determinado que la presencia de dureza en el agua tenga efectos sobre la salud, pero que estaría asociada con el consumo de más jabón o detergente durante el lavado. (Barrenechea & Martel, 2010)

La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad, ya que depende de los dos. Generalmente se puede considerar que el agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100mg/L. El agua dura puede formar depósitos y llegar a causar obstrucciones que impida el paso total del agua por las tuberías de distribución domiciliaria. Esta propiedad física es nociva especialmente en aguas de alimentación de calderas, ya que la temperatura alta favorece la formación de sedimentos. (Barrenechea & Martel, 2010)

La eliminación de la dureza se realiza mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como ablandamiento cal-soda. La medición se realiza de manera volumétrica titulando con EDTA. La unidad que se mide es en mg/L. (Barrenechea & Martel, 2010)

Tabla 1.- Clasificación de la Dureza del Agua

Dureza (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	Tipos de agua
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura
121-180	Dura
>180	Muy dura

**Fuente: (OMS, 2007)**

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2006 fija como límite máximo permisible para el agua potable: 300mg/L  $\text{CaCO}_3$  de dureza total. (INEN, 2006)

**1.3.2.3.** *Cloro libre.* El uso del cloro como agente desinfectante es utilizado después del proceso de filtración en la potabilización. Los productos derivados del cloro que comúnmente se utilizan en la desinfección del agua son: cloro gas e hipoclorito sódico. (Reed, 2009)

El cloro es un producto químicamente barato y disponible, se homogeniza en el agua limpia y destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen; si se adiciona suficiente cloro y queda un poco en el agua luego de que se eliminan todos los organismos a esto se lo denomina cloro libre. (Reed, 2009)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Según la Organización Mundial de la Salud, no se ha observado efectos adversos en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en el agua potable.

El cloro libre permanece en el agua hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. Cuando se analiza el agua y se encuentra cloro libre se garantiza que todos los organismos peligrosos fueron eliminados, en consecuencia es seguro consumirla. (Reed, 2009)

Según la INEN 1108:20014, el límite máximo permitido de cloro libre para el agua potable es: 0.3-1.5 mg/L (Luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos). (INEN, 2014)

**1.3.2.4.** *Sulfatos.* Es uno de los aniones más comunes de las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las altas concentraciones tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor, además puede proporcionar sabor al agua y podría tener efecto laxante cuando se encuentra presente el magnesio. (Calle, 2015)

Los sulfatos se utilizan tanto en la industria química (fertilizantes, pesticidas, colorantes, jabón, papel, vidrio, fármacos, etc.); como agente de sedimentación (sulfato de aluminio) o para controlar las algas (Sulfato de cobre) en las redes de agua. (Quintuña & Samaniego, 2016)

Según la INEN 1108:2006, el límite máximo permisible de sulfato para el agua potable es: 200mg/L. (INEN, 2006)

**1.3.2.5.** *Compuestos nitrogenados.* Son compuestos importantes para los procesos vitales de plantas y animales, los cuales producen cambios de valencia del nitrógeno. Los compuestos nitrogenados nitratos, nitritos y amonio son considerados como indicadores químicos de contaminación fecal, al igual que la materia orgánica y la demanda bioquímica de oxígeno. (Carangui, 2016)

Los nitratos, nitritos y amonio se producen en los procesos de diseminación y nitrificación que sufre la materia orgánica tras la contaminación fecal, a expensas de la propia flora microbiana de las heces. (Carangui, 2016)

### **Nitrógeno de nitrito**

El nitrógeno de nitritos rara vez está en concentraciones mayores de 1mg/L, aún en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. La presencia de nitritos nos



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

indica procesos activos biológicos en el agua debido a que inmediatamente y de manera fácil se convierte en nitrato.

El exceso de nitritos puede producir metahemoglobina, otro posible problema puede ser la formación de nitrosaminas, las mismas que son parcialmente cancerígenas en el trato digestivo. Su eliminación se realiza mediante la desgasificación o usar la coagulación, floculación, sedimentación y filtración. (Carangui, 2016)

Según la INEN 1108:2014, el límite máximo permitido de Nitritos para el agua potable es: 3.0mg/L. (INEN, 2014)

### **Nitrógeno de nitrato**

Por lo general, son muy solubles en el agua debido a la polaridad del ión. Los nitratos son reducidos a nitritos por la ausencia de oxígeno, la causa para que se pueda encontrar una elevada concentración de nitratos en el agua es por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, utilizados en los cultivos agrícolas sobretodo el amoniaco y también por la contaminación causada por el excremento de humanos y de origen animal. (Quintuña & Samaniego, 2016)

Según la INEN 1108:2014, el límite máximo permitido de Nitratos para el agua potable es: 5.0 mg/L. (INEN, 2014)

### **1.4. Análisis bacteriológico del agua**

Un gran número de enfermedades son transmitidas por vía fecal-oral mediante un vehículo como los alimentos y el agua, así de ésta manera necesitamos contar con microorganismos que funcionen como indicadores de contaminación fecal. El grupo coliforme es constante y abundante, por lo que éste grupo de microorganismos se utilizan como indicador de contaminación fecal en el agua; por consiguiente a mayor número de coliformes en el agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente. (Orellana, 2005)

La biodiversidad del agua natural indica la poca probabilidad de que se encuentre contaminada, sin embargo para que llegue a ser agua potable debe ser tratada mediante procesos tecnológicos como la cloración para eliminar los microorganismos existentes que contiene el agua cruda. (Orellana, 2005)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**1.4.1. Organismos patógenos.** Existen diferentes tipos de microorganismos en el agua como bacterias, virus y protozoos que pueden transmitir enfermedades gastrointestinales; varios organismos patógenos de transmisión fecal-oral pueden estar presentes en el agua cruda, se mide la salubridad del agua potable mediante el número de bacterias coliformes presentes en el agua. (Orellana, 2005)

**Bacterias:** Las bacterias que se pueden encontrar en el agua son de géneros muy numerosos, entre ellas las patógenas para el hombre, las bacterias coliformes y los estreptococos que son usados como índice de contaminación fecal.

**Bacterias propias del agua:** son frecuentes del género *Pseudomonas*, *Serratia*, etc. En general dan coloración al agua. (Orellana, 2005)

**Bacterias del suelo:** son arrastradas por el agua de lluvia y la gran mayoría son aerobias e intervienen en la oxidación de materia orgánica y sales minerales.

**Bacterias intestinales:** los géneros más comunes son: *Clostridium*, *Estreptococos*, *Salmonella*, *Coliformes*, *Shigella*, etc. (Orellana, 2005)

### **1.4.2. Indicadores microbiológicos**

**1.4.2.1. Coliformes Totales.** son las *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C. Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, etc. (Paredes, 2014)

La presencia de coliformes totales en el agua potable advierte una contaminación que puede deberse por fallas en el tratamiento, en la distribución o a nivel de las redes domiciliarias. (Reascos, 2010)

**1.4.2.2. Coliformes Fecales.** También denominados coliformes termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas de hasta 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal. En su mayoría están representados por el microorganismo *E.coli*. Los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en el





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

aguas, la presencia de éstos indican contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos presentes en la flora intestinal y de ellos entre un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras contaminadas este porcentaje disminuye a un 59%. (Reascos, 2010)

**1.4.2.3.** *Escherichia coli*. Es una de las especies bacterianas más minuciosamente estudiadas, y no solamente por sus capacidades patogénicas, sino también como sustrato y modelo de investigaciones metabólicas, genéticas, poblacionales y de diversa índole. Son coliformes capaces de producir indol, a partir de triptófano, en  $21 \pm 3$  horas a  $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . También poseen la enzima B-Galactosidasa, que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y puede descarboxilar el ácido L-Glutámico. (Paredes, 2014)

### **1.4.3.** *Identificación de bacterias: fermentación en tubos múltiples*

En el análisis bacteriológico es importante conocer qué organismos coliformes están presentes en las muestras y también determinar el número más probable por unidad de volumen en el agua. Por lo tanto, la técnica para determinar el grupo coliforme es mediante el método del número más probable (NMP). (Camacho, 2009)

En el análisis para detectar la presencia de organismos coliformes, se revisan una serie de tubos con diferentes porciones de muestra, esto se logra mediante el proceso de diluciones decimales seriados. (Sandoval, 1991)

La prueba de tubos múltiples constituye un método estandarizado para la determinación de la densidad de bacterias indicadoras de contaminación. La densidad bacteriana es calculada por medio de fórmulas que estiman el número más probable de bacterias para producir ciertos cambios en el medio de cultivo dando resultados positivos con turbidez y formación de gas, o resultados negativos, esta prueba consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmatoria. (Sandoval, 1991)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**1.4.3.1.** *Fase presuntiva.* Se utiliza como medio de cultivo el caldo Lauril Sulfato de Sodio, el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar la lactosa como fuente de carbono. Se incuba a 37°C por 48 horas y vemos los resultados considerando positivo si hay formación de gas y turbiedad.

**1.4.3.2.** *Fase confirmativa coliformes Fecales.* Se emplea como medio de cultivo el caldo lactosado bilis verde brillante dotados con tubos Durham, el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante. Después incubamos a 45°C por 48 horas y vemos los resultados considerando positivo si hay formación de gas y turbiedad. (Camacho, 2009)

**1.4.3.3.** *Prueba confirmativa de Escherichia coli.* Para esta prueba se realizan inoculaciones en el medio de SIM, provenientes de los tubos de la fase presuntiva que mostraron formación de gas y turbiedad, incubamos a 37°C por 24-48h. Serán positivos los que den motilidad con el reactivo de Erlich y formación del anillo rojo por la adición del Rojo de metilo. (Camacho, 2009)

**1.4.3.4.** *Determinación del número más probable (NMP).* Para codificar los resultados de la serie de diluciones en los tubos se realiza de la siguiente manera: si al inicio son inoculadas 5 tubos de doble concentración con 10ml de muestra, 5 tubos con concentración simple con 1ml de muestra y 5 tubos con concentración simple con 0.1ml de muestra, y los resultados positivos fuesen respectivamente 5,3 y 0, éstos se codificarán 5-3-0. El código obtenido es buscado en la tabla del NMP y se registra directamente en NMP en 100ml. (Sandoval, 1991)



### 2.1. Tipo de investigación

Es un estudio analítico, no experimental, descriptivo de corte trasversal.

### 2.2. Área de estudio

Las muestras de agua fueron recolectadas en los domicilios de la parroquia Aurelio Bayas, perteneciente al Cantón Azogues.

Esta planta provee agua potable a 1260 usuarios (medidores) con alrededor de 5000 habitantes. La junta regional Bayas tiene una capacidad de potabilizar 20 litros de agua por segundo, y ha demostrado durante el año pasado, satisfacer las necesidades de sus usuarios al consumir este líquido vital.

#### **Plan de muestreo, clase y tamaño de la muestra.**

Se denomina plan de muestreo a la elección del procedimiento de muestreo y criterio de decisión. El plan de muestreo tiene por objetivo suministrar información sobre las características del producto para la aceptación o rechazo del mismo. (Albandoz, 2001)

El estudio de nuestro análisis se realizó mediante un muestreo aleatorio estratificado que se realizará de acuerdo a la fórmula que se encuentra en la parte inferior descrita, conociendo que la parroquia Bayas del Cantón Azogues cuenta con aproximadamente 5000 habitantes, siendo este el universo de estudio, por lo cual se procedió a calcular cuantas muestras se va a utilizar, también se consideró que este estudio tenga un 95% de nivel de confianza y da como resultado que se debe tomar 94 muestras de esta población para el estudio .

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

- n: es el número de sujetos u objetos de estudio a incluir en la investigación.
- N: es el tamaño del universo o población de estudio.
- $Z^2$ : 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%) representa el nivel de confianza o seguridad en estimar el parámetro real del universo.
- p: Probabilidad de éxito o proporción esperada obtenida de las proporciones encontradas en otras investigaciones. Si no conocemos la proporción esperada usamos el valor de 0,5 que maximiza el tamaño de la muestra.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- q: Probabilidad de fracaso y se representa  $q=1 - p$ .
- d: Precisión, precisión con la cual se desea estimar el parámetro (Albandoz., 2001)

Cálculo:

$$n = \frac{5000 \cdot 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,1^2 (5000-1) + 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

$$n = 94.25 = 94 \text{ muestras.}$$

Es así, que las 94 muestras deben ser seleccionadas para que sean representativas del universo de estudio (5000 habitantes). La parroquia se encuentra dividida en 8 estratos o sectores que tienen un número determinado de habitantes, para este trabajo se consideran dos sectores de estudio a los cuales les corresponderá un número de muestra que constituyan el 95% de confiabilidad y el resto de sectores fueron analizados por otros tesisistas, por lo tanto se realizó una proporción de acuerdo a la cantidad de habitantes de cada sector, para determinar la cantidad de muestras se realizó una regla de tres de la siguiente manera:

Para la zona de Corazón de María

Habitantes	Muestras
5000	94
604	X= 11

Para la zona de Zhirincay

Habitantes	Muestras
5000	94
280	X=5

El muestreo de cada zona es simple ya que las muestras tomadas fueron al azar; el mismo que se realizó del 7 de Noviembre al 26 de Diciembre del 2016, con un periodo de 8 semanas tomado cada lunes, obteniendo un total de 8 muestreos. Se recolectaron



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

16 muestras cada semana para realizar el análisis físico-químico y microbiológico; en total fueron analizadas 128 muestras. En cada muestra se practicaron 10 parámetros fisicoquímicos y un análisis microbiológico.

**2.2.1. Materiales y equipos.** Para la toma de muestra se utilizó frascos de plástico esterilizados de 100ml, estos se transportaron al laboratorio en un cooler. En el muestreo es necesario ocupar equipo de protección personal: mandil, mascarilla, guantes y cofia, con el objetivo de evitar una contaminación cruzada.

A continuación se presentan los requerimientos del laboratorio de acuerdo a cada parámetro analizado con su respectivo material y equipo.

PARÁMETRO	REACTIVOS	MATERIALES	EQUIPO
Color	-----	Tubos de Nessler	Colorímetro
Turbiedad	-----	-----	Turbidímetro
pH	-----	Vaso de precipitación	pH METER
Conductividad	-----	-----	Conductímetro
Alcalinidad	Ácido clorhídrico (HCl) 0.01N Naranja de Metilo	Vaso de precipitación. Bureta. Soporte metálico.	-----
Dureza total	Hidróxido de amonio. Negro de eriocromo. EDTA 0.01N	Bureta. Soporte metálico. Vaso de precipitación.	-----
Sulfato	Sulfaver 4 Sulfate Reagent	Tubos de ensayo. Celda para lectura Tubos de ensayo	Espectrofotómetro
Nitrito	Nitraver 3 Nitrite Reagent		
Nitrato	Nitraver 5 Nitrate Reagent		
Cloro libre	CHLORINE FREE-DPD		
Coliformes totales	Lauryl Sulfate broth	Vasos de precipitación. Tubos tapa rosca. Pipetas estériles. Lámpara de alcohol. Gradillas. Tarrina plásticas.	Autoclave Estufa. Balanza Refrigerador Agitador

## 2.3. Muestreo

Para realizar el análisis físico-químico se siguió las instrucciones de muestreo dado por OPS/CEPIS/96:

- Utilizar recipiente de plástico limpios de 500ml
- Enjuagar el envase 2-3 veces con la misma agua
- Llenar
- Tapar herméticamente

## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Las muestras se transportaron al laboratorio en el menor tiempo posible a fin de evitar alteraciones en los parámetros como: cloro y en refrigeración para lograr un mejor tiempo de almacenamiento. (Vera, 1996)

El procedimiento para captar muestras en grifos: Se abrió el grifo totalmente en forma ininterrumpida, se desinfectó el grifo con alcohol y se dejó correr el agua en un tiempo mínimo de cinco minutos, se enjuagó la botella tres veces, se llenó totalmente el recipiente y se tapó el recipiente herméticamente.

En el presente trabajo se analizaron 16 muestras cada lunes en las cuales se determinó color, turbiedad, pH, conductividad, alcalinidad, dureza total, sulfato, nitrato, nitrito y cloro libre.

### 2.3.1. Determinación de color: Método de comparación visual.

**Fundamento:** se determinan por comparación visual de la muestra con disco de cristal de color calibrado previamente con una solución de cloroplatino de potasio. La unidad de medición del color que se utiliza como estándar, es el color que produce 1mg/L de Platino en la forma de cloroplatinato. El pH de la muestra puede cambiar el color, por lo que es necesario medir junto con el pH. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

#### Interferencias:

- Turbidez.
- pH elevado. (APHA, 1995)

#### Procedimiento:

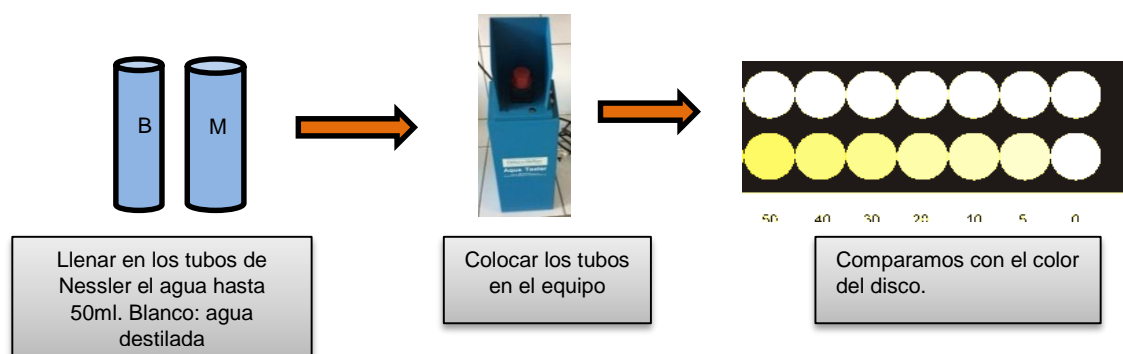


Figura 1.- Determinación del color

(Fuente: Las Autoras)

## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 2.3.2. Determinación de la turbiedad

**Fundamento:** se utiliza el método nefelométrico, se fundamenta en una comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra, con la intensidad de la luz desviada por una suspensión estándar de referencia, bajo las mismas condiciones. A mayor intensidad de la luz mayor será la turbidez. (Carvajal, 2010)

El valor límite máximo permisible para el agua potable es de 5 NTU. (INEN, 2014)

#### Interferencias:

- Vidrio sucio.
- Presencia de burbujas de aire. (Carvajal, 2010)

#### Procedimiento:

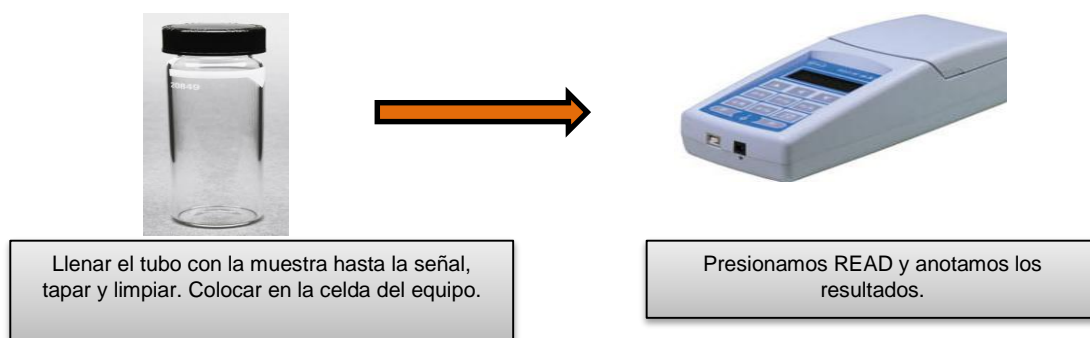


Figura 2.- Determinación de la turbiedad

(Fuente: Las Autoras)

### 2.3.3. Determinación de pH

**Fundamento:** es la medida de la actividad de los iones hidrógenos por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo. El valor del pH en el agua, es utilizado para conocer su tendencia corrosiva o incrustaciones en la plantas de tratamiento de agua.

#### Interferencias:

- Membrana de vidrio sucio.
- Temperatura alta. (Carvajal, 2010)

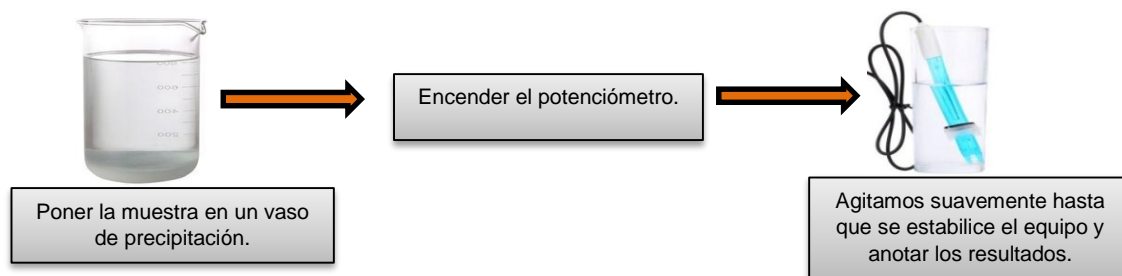


Figura 3.- Determinación del pH

(Fuente: Las Autoras)

#### 2.3.4. Determinación de conductividad

**Fundamento:** se basa en la propiedad que tiene una solución en conducir el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición. Se emplea un Conductímetro electrónico el cual origina una diferencia de voltaje entre dos electrodos que están inmersos en el agua, este parámetro sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos. (Carvajal, 2010)

#### Interferencias:

- Actividad biológica
- Exposición de la muestra a la atmósfera.
- Grasa y materia orgánica en gran cantidad. (Carvajal, 2010)

#### Procedimiento:

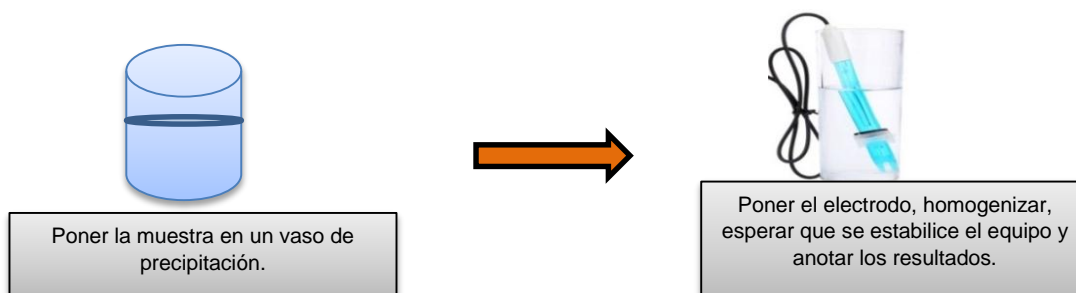


Figura 4.- Determinación de la conductividad

(Fuente: Las Autoras)

#### 2.3.5. Determinación de la alcalinidad

**Fundamento:** se realiza mediante titulación de una muestra (cambio del naranja de metilo); en esta titulación se determina la alcalinidad total puede ser causada por carbonatos, bicarbonatos, hidroxilos o las combinaciones de estos en la muestra.





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Con el indicador de fenolftaleína, el pH 8.3 cambia de color debido a la neutralización de hidroxilos y se da la conversión de carbonatos en bicarbonatos, mientras que a un pH inferior de 4,5-4,3 el naranja de metilo cambia de color debido a la neutralización de los bicarbonatos en ácido carbónico y permite determinar la alcalinidad total. (Carvajal, 2010)

### Interferencias:

- Muestra fuertemente coloreada o turbias
- Presencia de cloro residual (puede blanquear el indicador).
- Carbonatos asociados a materia en suspensión. (APHA, 1995)

### Cálculos:

$$\text{Alcalinidad (mg/L)} = \frac{V_H * N * \text{mEqCaCO}_3 * 1000 * 1000}{V_m}$$

### Dónde:

- $V_H$ : volumen de ácido clorhídrico utilizado en la titulación para alcanzar pH 8,3.
- $V_m$ : es el volumen en ml de la muestra para el ensayo.
- mEqCaCO<sub>3</sub>: 0.04 mEqCaCO<sub>3</sub>
- 1000: factor para transformar a mg
- 1000: factor para transformar a L
- N: Normalidad del ácido.

### Procedimiento:

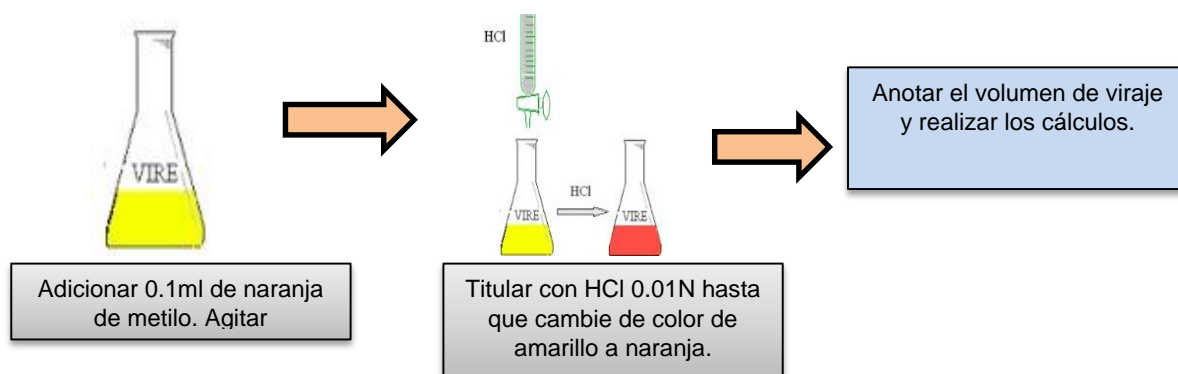


Figura 5.- Determinación de la alcalinidad

(Fuente: Las Autoras)



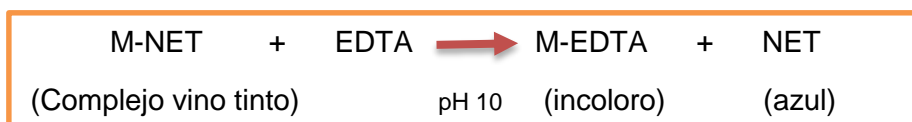
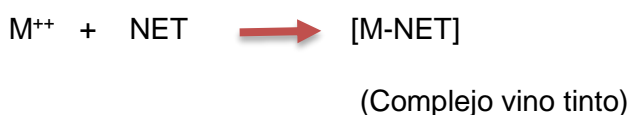
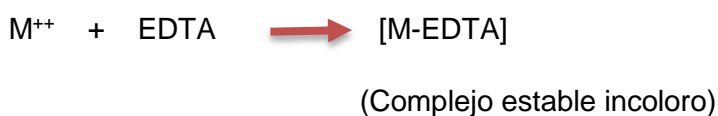
## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 2.3.6. Determinación de dureza total

**Fundamento:** La muestra de agua que contiene los iones calcio y magnesio se le añade el buffer de PH 10, posteriormente, se le agrega el indicador Eriocromo negro T (ENT), que hace que se forme un complejo de color púrpura, enseguida se procede a titular con EDTA (sal disódica) que se produce un viraje del color púrpura a un color azul. (Ávila, Sansores, & Ceballos, 2004)

Generalmente la dureza de las aguas se expresa en partes por millón (miligramos por litro mg/L) de una cantidad equivalente de carbonato de calcio. (Ávila, 2004)

#### REACCIONES:



#### **Interferencias:**

A las concentraciones habitualmente encontradas en muestra de aguas tratadas, no interfieren otras sustancias. (Zamora, 2009)

**En agua potable:** El límite máximo permisible es de 300 mg/l de dureza. (INEN, 2006)

#### **Fórmula:**

$$\text{Dureza Total} = \frac{V \text{ EDTA} \times N \text{ EDTA} \times \text{mEq CaCO}_3 \times 1000 \times 1000}{V \text{ muestra}}$$

- V EDTA: ml gastados de etilendiaminotetraacético.
- N EDTA: normalidad del etilendiaminotetraacético.
- mEq CaCO<sub>3</sub>: 0,04 mEq de CaCO<sub>3</sub>
- 1000: para convertir a mg.
- 1000: para convertir a litros.

- V muestra: 10ml de muestra de agua.

### Procedimiento

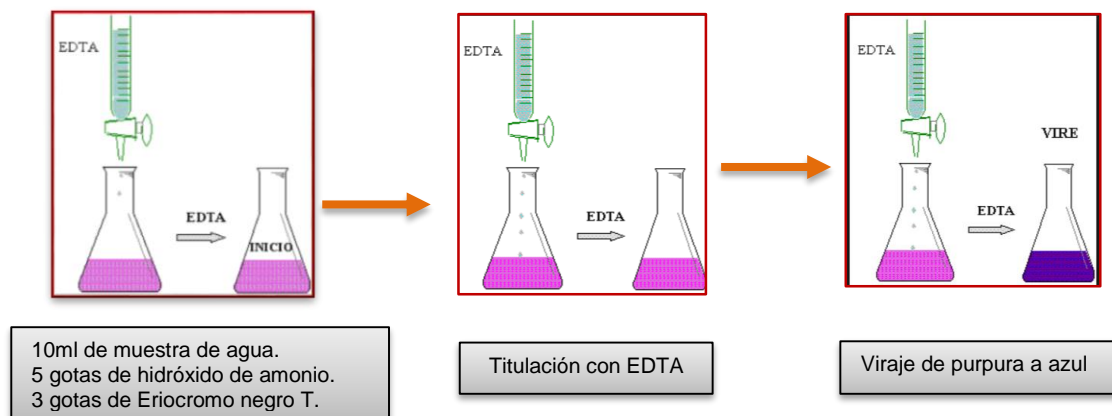


Figura 6.- Determinación de la Dureza total  
(Fuente: Las Autoras)

### 2.3.7. Determinación de nitratos

**Fundamento:** el cadmio metálico reduce de nitrato a nitrito presente en la muestra. El ion nitrito reacciona en medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta sal reacciona con el ácido gentísico para formar una solución de color ámbar. Los resultados del análisis se miden a 500nm. (HACH, 2000)

### Interferencias:

- Hierro férrico.
- Sustancias muy oxidantes o muy reductoras.
- Cloruro.
- Nitrito. (HACH, 2000)

### Procedimiento:

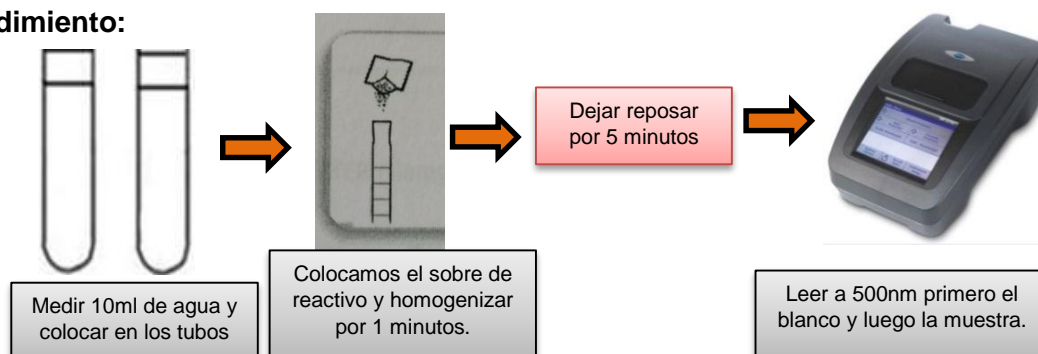


Figura 7.- Determinación de nitratos  
(Fuente: Las Autoras)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 2.3.8. Determinación de nitritos

**Fundamento:** el nitrito de la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar sal de diazonio que reacciona con el ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa. Este color es proporcional a la cantidad de nitrito presente. (HACH, 2000)

#### Interferencias:

- Sustancias oxidantes o reductoras.
- Los iones de nitrato, férrico y ferrosos. (HACH, 2000)

#### Procedimiento:

Igual a la figura 7 con la diferencia que el tiempo de reposo es de: 20 minutos

### 2.3.9. Determinación de sulfatos

**Fundamento:** Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato. Los resultados son analizados a 450 nm.

#### Interferencias:

- Calcio mayor a 20.00mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Cloruro mayor que 40.000mg/L de  $\text{CL}^-$ .
- Magnesio mayor que 10.00 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Sílice mayor que 500mg/L de  $\text{SiO}_2$ . (HACH, 2000)

#### Procedimiento:

Igual que figura 7 con la diferencia que el tiempo de reposo es de: 5 minutos

### 2.3.10. Determinación de cloro libre

**Fundamento:** El cloro presente en la muestra en forma de ácido hipocloroso y/o de ión hipoclorito (cloro libre o cloro libre disponible) reacciona inmediatamente con el DPD (N-N-dietil p-fenileno-diamina) a la vez que el cloro libre presente en la muestra para formar un color proporcional a la concentración de cloro. Los resultados de los análisis se miden a 530nm.

#### Interferencias:

- Acidez.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Alcalinidad.
- Dureza.
- pH (HACH, 2000)

### Procedimiento:

Igual que en figura 7 con la diferencia que el tiempo de reposo es de: 3 minutos

### 2.4. Muestreo para análisis microbiológico

Los envases para el análisis bacteriológico fueron:

- Botellas de plástico de 100ml esterilizadas.
- Protegidos con papel de aluminio cada recipiente para evitar su contaminación.
- Los envases se destapa el momento del muestreo
- Tiene que estar etiquetado. ( Sandoval, 1991)

El muestreo se realizó en los mismos domicilios que para el análisis físico-químico, luego de la recolección se tapó herméticamente y fueron enviadas las muestras hacia el laboratorio en un Cooler para su debida conservación y su posterior siembra.

Para la esterilización de las botellas, estas fueron sometidas a condiciones de presión (15 Psi) y temperatura de 121°C durante 15 minutos. (Vera, 1996)

Procedimiento para captar las muestras de agua del grifo: Se abre el grifo totalmente, se esteriliza la boca de la llave con alcohol y se deja correr el agua por cinco minutos; se procede a iniciar la recolección colocando la botella donde sale el agua, hasta que se ha llenado unas tres cuartas partes, se tapa, se coloca en el cooler y es llevada al laboratorio. (Vera, 1996)

#### 2.4.1. Determinación de coliformes totales. Técnica de tubos múltiples.

**Fundamento:** la determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Numero más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35°C  $\pm$  1°C durante 48h, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa.

En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. (Camacho, 2009)

### Interferencias:

- Presencia de cloro en los envase de toma de muestra.
- Contaminación del medio de cultivo. (Camacho, 2009)

### Procedimiento:

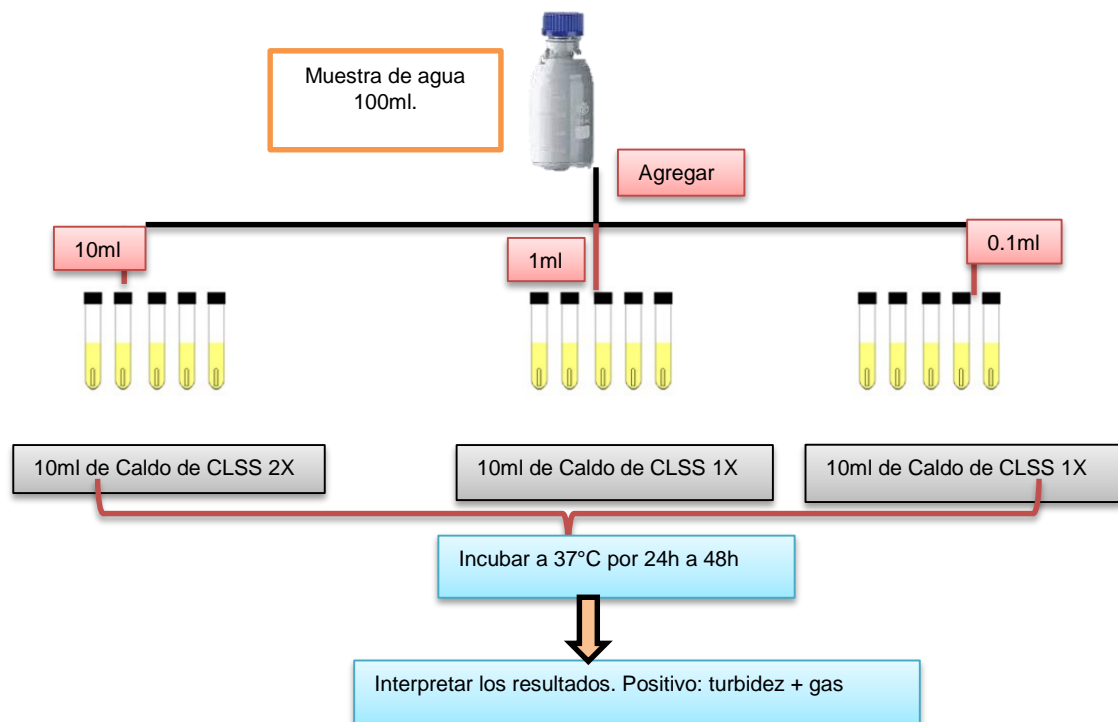


Figura 8.- Determinación de Coliformes Totales

(Fuente: Las Autoras)

Nota: No se realiza Coliformes fecales porque todos los resultados de la Fase presuntiva son NEGATIVOS.



Los parámetros físico-químicos analizados en cada sector fueron: color, pH, dureza total, sulfatos, turbiedad, nitratos, nitritos, cloro libre, conductividad y alcalinidad; y dentro del análisis microbiológico se determinó coliformes totales.

En la tabla 2 del análisis estadístico se da a conocer un resumen del análisis microbiológico, los promedios ( $\bar{X}$ ) y desviaciones estándares (DE) de los parámetros físico-químicos que fueron objeto de este estudio.

Parámetros de la calidad de agua potable

Se presentan los resultados y se evalúan de manera individual los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de los sectores: Corazón de María y Zhirincay.

**3.1.1. Parámetros físico-químicos. Son los siguientes:**

Color, pH, Conductividad, Turbiedad, Dureza total, Alcalinidad, Sulfatos, Cloro libre Nitritos y Nitratos

**3.1.2. Parámetros microbiológicos.**

Coliformes totales

**3.2. Análisis estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva con la cual se obtuvieron datos como el promedio ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar (DE) para los parámetros físico-químicos y microbiológicos monitoreados en las muestras de agua que se tomaron en cada domicilio de los dos sectores abordados en este estudio. Para este análisis se determinó que el nivel de confianza sea del 95% y para el desarrollo estadístico utilizamos la hoja de cálculo en el programa de Microsoft Excel 2013. La tabla que a continuación se muestra indica todos y cada uno de los datos de los parámetros para cada sector.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 2.- Resumen de promedios y desviación estándar de los parámetros de calidad de agua potable, evaluados en los sectores Corazón de María y Zhirincay de la parroquia Bayas

FÍSICOS-QUÍMICOS				
PARÁMETROS	CORAZÓN DE MARÍA	ZHIRINCAY	UNIDAD	LMP
	$\bar{X} \pm DE$	$\bar{X} \pm DE$		
<b>Color</b>	$0 \pm 0$	$0 \pm 0$	UC (Pt-Co)	15 (a)
<b>pH</b>	$6,77 \pm 0,19$	$6,74 \pm 0,20$	-----	6,5 – 8,5 (b)
<b>Conductividad</b>	$64,30 \pm 4,99$	$63,58 \pm 4,66$	$\mu\text{s/cm a } 20^{\circ}\text{C.}$	50 y 100 (c)
<b>Turbidez</b>	$0,71 \pm 0,10$	$0,69 \pm 0,14$	NTU	5 (a)
<b>Dureza Total</b>	$30,85 \pm 2,41$	$31,14 \pm 2,74$	mg/L $\text{CaOC}_3$	300 (b)
<b>Alcalinidad</b>	$20,08 \pm 1,70$	$20,14 \pm 1,36$	-----	(c)
<b>Sulfatos</b>	$26,38 \pm 3,67$	$25,88 \pm 3,80$	mg/L	200 (b)
<b>Cloro libre residual</b>	$0,41 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,10$	mg/L	0,3 – 1,5 (a)
<b>Nitritos, <math>\text{NO}_2^-</math></b>	$0,0029 \pm 0,0014$	$0,0029 \pm 0,0016$	mg/L	3 (a)
<b>Nitratos, <math>\text{NO}_3^-</math></b>	$1,01 \pm 0,38$	$0,97 \pm 0,44$	mg/L	50 (a)
<b>Microbiológicos:</b>				
<b>Coliformes totales</b>	<2	<2	NMP/100 ml	<2* (b)
<2 *: Significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.				

(a)=INEN 1108:2014; (b)=INEN 1108:2006; (c)=OMS

Las rupturas y fallas de las tuberías deben ser en lo posible nulas. Sin embargo, son parte de los problemas normales de un sistema de agua. Si las rupturas o fallas son frecuentes, puede haber un problema con la integridad del material de la tubería. Cada ruptura representa una entrada de contaminación al sistema; por ello, las rupturas frecuentes aumentan el potencial de ingreso de agentes patógenos. Considerando que en este estudio no se presentó ninguna alteración a nivel de las tuberías, puesto que al realizar los análisis estos resultados tampoco estuvieron fuera de los requisitos establecidos en la norma INEN 1108:20014 (Cloro residual, color, nitritos, nitratos y turbiedad) y en la norma NTE INEN 1108:2006 (Dureza total, sulfatos y pH). Para prevenir rupturas en las tuberías, se debe implementar un programa de detección de fugas y mantener un registro de las reparaciones. (Barrios, 2009)





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Como se puede ver en la tabla 2, los parámetros físico-químicos cumple con los valores establecidos según la norma vigente INEN 1108:2014 encontrándose los parámetros como el color, turbiedad, nitritos, nitratos y cloro libre residual; mientras que el pH, dureza total y sulfatos cumplen la norma INEN 1108:2006; y los valores de conductividad y alcalinidad se rigen con la OMS. En cuanto a los resultados del análisis microbiológico cumplen en un 100% con los valores establecidos en la NTE INEN 1108:2006. Estos resultados están corroborados según estudios realizados por Diego Carangui en el cual manifiesta que los filtros utilizados en la planta de tratamiento de la parroquia Bayas ejecutan eficientemente su función realizando una correcta filtración del agua y emitiendo valores inferiores a 1 NTU en lo que respecta a la turbiedad, esta agua filtrada pasa al proceso de cloración en la planta y está lista para ser almacenada y posteriormente salir a las redes de distribución con una calidad óptima de agua (Carangui, 2016)

Un estudio realizado por Maritza Lazo y Ligia Verdugo en la planta de Uchupucum demuestra que los parámetros determinados en ese estudio cumplen con la norma INEN como por ejemplo en el caso del pH el valor promedio del agua de salida es de 6.8, siendo este valor (pH=6.7) similar al estudio realizado en la parroquia Bayas, de esta manera se demuestra con el historial de la planta de Uchupucum que el agua del Cantón Azogues se caracteriza por presentar un pH cercano al neutro.

Según la tesis realizada por Daniela Gutiérrez y Ma. Luisa Torres en la que realizó un estudio comparativo de las redes de distribución de la parroquia Guapán del Cantón Azogues en el año 2013, determinaron que los parámetros físico-químicos analizados (turbiedad, color, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad, pH, dureza, cloruros, cloro residual) y microbiológicos (coliformes totales y fecales) en las plantas de tratamiento de Emapal y PI alcanzaron en su mayoría los límites establecidos por la NTE INEN 1108:2011, mejorando la calidad de agua y cumpliendo con la normativa de referencia. Estas plantas de tratamiento tienen una infraestructura pequeña similar a la planta de tratamiento Bayas, y a pesar de su estructura demuestran que existe una buena monitorización de los parámetros del agua, los mismos que son reflejados en los resultados de evaluación de calidad de agua a nivel domiciliario en la parroquia Bayas. (Gutiérrez, 2013)

Las plantas de tratamiento de agua potable a nivel internacional dispone de diferentes normas y reglamentos dependiendo de factores como el sector, el clima, la



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

contaminación y la educación ambiental, por ejemplo la Norma técnica de agua potable de Honduras que rige los requisitos que deben cumplir las planta de tratamiento de ese país. En el caso del Ecuador las plantas de tratamiento deben cumplir con los requerimientos establecidos en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108, para considerar aceptable para el consumo humano, y por ello el estudio realizado se basa en esta norma ecuatoriana.

En otros trabajos similares hechos en la planta de tratamiento Bayas como el de la comparación de eficacia de los filtros elaborado por tesis de la Universidad de Cuenca (Elvia Loja y Mónica Ocaña) presentaron valores muy similares de color, nitrito, nitrato, sulfato, turbiedad, pH, conductividad, alcalinidad, cloro libre y dureza total; a los determinados a nivel domiciliario en este trabajo, lo cual indica que el agua es de buena calidad tanto a nivel de la planta como a nivel domiciliario.

La cloración se usa para matar el porcentaje de bacterias que quedan después del proceso de filtración y debe quedar una cantidad de cloro residual que se mantenga a lo largo del proceso de distribución, el cual en este trabajo se obtuvo un valor promedio de 0,39 mg/L por lo que garantiza que el agua es de buena calidad sanitaria.

Los resultados obtenidos en este trabajo y comparados con los trabajos hechos en cuanto a la evaluación de agua potable, demuestran que no hay variaciones significativas que alteren los requerimientos establecidos por la norma. En todas las semanas que se realizaron los análisis, ninguno de los parámetros sean físico-químicos y microbiológico estaban fuera de los límites establecidos por las diferentes normas que se rigió.

Los resultados indican que la calidad sanitaria y la calidad de potabilización que realizan los técnicos, es óptima manteniéndose a lo largo de su distribución domiciliar, sin embargo podrían alterarse por alguna situación catastrófica o por alguna eventualidad de la ruptura de las tuberías; especialmente el parámetro microbiológico lo cual traería como consecuencia una deficiencia en la calidad sanitaria.



**4.1. Conclusiones**

Los resultados obtenidos en este trabajo en lo referente a la calidad sanitaria del agua potable que llega a los domicilios de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la parroquia Bayas Cantón Azogues, se demostró que el 100% de las muestras dieron un índice  $<2$  NMP/100mL, es decir que cumplen con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2006.

En cuanto al análisis Fisicoquímico los resultados obtenidos para color, turbiedad, nitritos, nitratos y cloro libre, también cumplen con los requisitos para agua potable en la NTE INEN 1108:2014; los valores de pH, sulfatos, dureza total fueron comparados con la NTE INEN 1108:2006 y sus resultados se encuentra dentro del límite máximo permisible según esta norma. Y los parámetros de conductividad y alcalinidad cumplen con los valores establecidos por la OMS.

Según lo expuesto en lo anterior, se puede concluir que la calidad del agua distribuida por la planta potabilizadora regional Bayas a los usuarios si cumple con todos los requisitos que establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 para el agua potable, por lo tanto es apta para el consumo humano y no podría causar daño o poner en riesgo a los consumidores de los sectores analizados.

Concluimos también que no existe una contaminación microbiológica en el agua durante el proceso de tratamiento, puesto que llega al consumidor final con óptima calidad sanitaria.

Para brindar una garantía en el consumo de agua potable, se debe realizar un control basado en la protección de la fuente de agua, métodos apropiados de tratamiento, control del estado de redes de distribución y una prolija vigilancia de la calidad de agua.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 4.2. Recomendaciones

A pesar de que la planta cuenta con un buen tratamiento de potabilización para la población de Aurelio Bayas en los sectores Corazón de María y Zhirincay, se da a conocer las siguientes recomendaciones:

- Seguir con las mismas condiciones de operación de tratamiento para continuar brindando de un buen líquido vital a la comunidad.
- El personal encargado de la junta de agua debe realizar una constante vigilancia de la calidad del líquido vital, realizando análisis periódicos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el objetivo de obtener resultados óptimos para el consumo y en el caso de que existan inconvenientes brindar soluciones oportunas.
- Implementar equipos para realizar el análisis microbiológico que es útil para descartar una posible contaminación por microorganismos que se encuentren en el agua.



1. Albandoz., P. L. B. y. J. P. (2001). Población y muestra. Técnicas de muestreos. Universidad de Sevilla. Retrieved from [http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaeusch/veroeffentlichungen/ver\\_texte/sampling\\_es.pdf](http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaeusch/veroeffentlichungen/ver_texte/sampling_es.pdf)
2. Ana María Sandoval, G. (1991). Determinación de coliformes fecales. Comisión nacional del agua. Retrieved from file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/microbiologia-NMP.pdf
3. APHA. (1995). Método para determinación del color del agua 2120-B. Madrid.
4. Ávila, J. P., Sansores, A. C., & Ceballos, R. P. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. Ingeniería, 8(2), 165-179.
5. Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
6. Barrenechea, A., & Martel. (2010). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>
7. Calle Leonardo D., Z. C. A. (2015). Optimización del proceso de floculación y coagulación de la planta potabilizadora bayas. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22162/1/tesis.pdf.pdf>
8. Camacho, A., M. Giles. (2009). Técnicas para el análisis microbiológico de Alimentos. 2º Ed. Facultad de Química, UNAM. Mexico. Retrieved from [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)
9. Camacho., N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
10. Caranguí., D. P. (2016). Desarrollo de un plan para evaluación del sistema de filtración rápida de la planta potabilizadora de la junta de agua potable de bayas. Universidad de Cuenca. Retrieved from file:///C:/Users/Usuario/Documents/tesis%20del%20agua/nuevos%20documentos%20de%20la%20tesis/tesis%20pdf%203.pdf
11. Carbajal, Á., & González., M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
12. Carlos Severiche, Marlon Enrique, Castillo Bertel, & Acevedo., R. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. Retrieved from <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
13. Carvajal, A. (2010). Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/FUNDAMENTO-DE-TURBIDEZ-de-Londo%C3%B1o.pdf
14. Cueva, G. L. M. (2008). Gestión y manejo de los recursos hídricos. Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://cdjbv.ucuenca.edu.ec/ebooks/doi146.pdf>
15. Echarri, L. (2007). Contaminación del Agua. Universidad de Navarra. Retrieved from file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20de l%20agua%2007.pdf



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

16. Flores, C. (2008). Contaminación del agua. Retrieved from [http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf\\_color/tema4%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf)
17. Goyenola., G. (Producer). (2007, Junio). Conductividad. Retrieved from [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf)
18. HACH. (2000). Manual del análisis de agua. Retrieved from <file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/HACH-2010.pdf>
19. INEN. (2000). Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2000. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2226.2000.pdf>
20. INEN. (2006). Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. Norma Técnica Ecuatoriana. Retrieved from <file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/Norma-Inen-Agua1108-2006.pdf>
21. INEN. (2014). Norma Técnica Ecuatoriana. Retrieved from <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
22. INEN;970. (1983). Agua potable. Determinación del color. Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0970.1984.pdf>
23. Lenntech. (2006). Calidad del agua. Retrieved from [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3\\_Calidad\\_del\\_agua.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf)
24. MINISTERIO. (2010). Técnicas de muestreo y técnicas analíticas. Ministerio de Economía y Competitividad. Retrieved from [http://www.consolider-tragua.com/documentos/protocolo\\_muestreo\\_analisis.pdf](http://www.consolider-tragua.com/documentos/protocolo_muestreo_analisis.pdf)
25. Miriam Ostinelli, Mario Basan, & Maciel., S. (2010). Muestreo, transporte y conservación de muestras de agua. Retrieved from [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-muestreo\\_agua.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-muestreo_agua.pdf)
26. Mólgora., A. (2008). Calidad del agua. Retrieved from [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos\\_Tecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Fundamentos_Tecnicos.pdf)
27. OMS. (2007). Gestión del agua doméstica y salud. Organización Mundial de la Salud. Retrieved from [http://www.who.int/household\\_water/advocacy/combating\\_disease\\_es.pdf](http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf)
28. OMS. (2016). Agua. Organización Mundial de la Salud. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
29. OPS. (1988). Guías para la Calidad del Agua Potable. (Vol. Volumen 3.).
30. Orellana., J. A. (2005). Características del agua potable. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO. Retrieved from <file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/jorge-orellana-microbiologico.pdf>
31. Ostinelli, M., Basan, M., & Maciel, S. (2010). Muestreo, transporte y conservación de muestras de agua. Retrieved from [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-muestreo\\_agua.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-muestreo_agua.pdf)
32. Paredes, A. P. (2014). Determinación de Coliformes Totales y Fecales. Universidad Tecnológica De Pereira. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4927/628161P227.pdf>
33. Quintuña, J. M., & Samaniego, M. C. (2016). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del cantón chordeleg. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24847/1/TESIS.PDF>
34. Ramirez, F. (2007). El muestreo del agua. Toma y conservación de muestras. Retrieved from <http://www.elaguapotable.com/EI%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

35. Reascos, B. (2010). Evaluación de la calidad del agua,. Retrieved from <file:///C:/Users/Adriana/Documents/Tesis/blanca%20azucena.pdf>
36. Reed, B. (2009). Medición del cloro residual en el agua. Organizacion Mundial de la Salud. Retrieved from <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>
37. Rojas, J. A. R. (2002). Conceptos fundamentales de quimica general (Primera edicion: noviembre de 2002. ed.).
38. Salud., E. C. I. d. S. N. d. (2001). Microorganismos relacionados al agua. Comisión De Salud Pública. Retrieved from [http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/agentes\\_biologicos.pdf](http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/agentes_biologicos.pdf)
39. Salvadó, I. E. (2016). Tipos de Muestreo. Retrieved from <http://www.bvs.hn/Honduras/Embarazo/Tipos.de.Muestreo.Marzo.2016.pdf>
40. Sánchez, J. (2011). El agua. Importancia del agua para los seres vivos. Retrieved from <http://www.iespando.com/web/departamentos/biogeo/web/departamento/2BCH/PDFs/02agua.pdf>
41. Vera, A. G. (1996). Control de Calidad de Agua. Metodos de análisis para la evaluación de la calidaddel agua. Retrieved from <file:///C:/Users/Adriana/Favorites/Downloads/muestreo-DE-Gevara-Antonio.pdf>
42. Wu, B. Y. Z. (2009). Calidad Fisico-quimica y bacteriologica del agua para consumo humano. Universidad de Cuenca. Retrieved from
43. Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto,(ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. Pensamiento Actual, 9(12-13).
44. Zhen, Y. (2008). Calidad fisicoquímica y bacteriológico del agua para el consumo humano. Retrieved from [http://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/wp-content/uploads/2012/06/Tesis\\_BiYun\\_Zhen.pdf](http://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/wp-content/uploads/2012/06/Tesis_BiYun_Zhen.pdf)
45. Barrios, R. T. (2009). Guía de Orientación en Saneamiento Básico. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec7.pdf>
46. Gutiérrez, D. (2013). Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4750/3/TESIS.pdf>





# UNIVERSIDAD DE CUENCA ANEXOS

Anexo 1.- Valores de referencia de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014 y de la NTE INEN 1108:2006

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu

\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>129</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra



PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH <sub>3</sub> )	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 – 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO <sub>4</sub> )	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO <sub>3</sub>	mg/l	10
Nitritos, N-NO <sub>2</sub>	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO <sub>4</sub>	mg/l	200

Requisitos Microbiológicos	
	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100ml	<2*
Coliformes fecales NMP/100ml	<2*
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	Ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	Ausencia
<2* significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.	



**Cuadro 2. NMP para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 ml., cinco porciones de 1 ml y cinco porciones de 0.1 ml**

Número de tubos que dan reacción positiva				Número de tubos que dan reacción positiva			
5 de 10 ml c/u	5 de 1 ml c/u	5 de 0.1 ml c/u	NMP	5 de 10 ml c/u	5 de 1 ml c/u	5 de 0.1 ml c/u	NMP
0	0	0	<2	4	2	1	26
0	0	1	2	4	3	0	27
0	1	0	2	4	3	1	33
0	2	0	4	4	4	0	34
1	0	0	2	5	0	0	23
1	0	1	4	5	0	1	31
1	1	0	4	5	0	2	43
1	1	1	6	5	1	0	33
1	2	0	6	5	1	1	46
2	0	0	5	5	1	2	63
2	0	1	7	5	2	0	49
2	1	0	7	5	2	1	70
2	1	1	9	5	2	2	94
2	2	0	9	5	3	0	79
2	3	0	12	5	3	1	109
3	0	0	8	5	3	2	141
3	0	1	11	5	3	3	175
3	1	0	11	5	4	0	130
3	1	1	14	5	4	1	172
3	2	0	14	5	4	2	221
3	2	1	17	5	4	3	278
3	3	0	17	5	4	4	345
4	0	0	13	5	5	0	240
4	0	1	17	5	5	1	348
4	1	0	17	5	5	2	542
4	1	1	21	5	5	3	918
4	1	2	26	5	5	4	1609
4	2	0	22	5	5	5	≥2400

(OPS, 1988)



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### Anexo 3.- Preparación del medio de cultivo

#### Preparación del Caldo Lauril Sulfato de Sodio (CLSS).

- Doble concentración (10ml).

16 muestras x 5 tubos = 80 tubos.

80 tubos x 10ml CLSS = 800 ml.

$$\begin{array}{rcl} 1000\text{ml.} & \times & 71,2 \text{ g.} \\ 800\text{ml.} & \times & x = 56,96 \text{ g.} \end{array}$$

Para preparar el medio de cultivo se necesita 56,96 gramos de CLSS en 800ml de agua destilada.

- Simple concentración (1ml; 0,1ml).

16 muestras x 5 tubos = 80 tubos.

80 tubos x 10ml caldo CLSS = 800 ml. (1ml)

80 tubos x 10ml caldo CLSS = 800 ml. (0,1ml)

800 ml + 800 ml = 1600ml.

$$\begin{array}{rcl} 1000\text{ml.} & \times & 35,6 \text{ g.} \\ 1600\text{ml.} & \times & x = 56,96 \text{ g.} \end{array}$$

Para preparar el medio de cultivo se necesita 56,96 gramos de CLSS en 1600ml de agua destilada.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### Anexo 4.- Ficha técnica del Caldo

#### Caldo Lauril Sulfato.

Medio recomendado por A.P.H.A. para detección y recuento de coliformes en aguas, aguas residuales y alimentos.

#### Fundamento.

Medio rico en nutrientes, que permite un rápido desarrollo de los microorganismos fermentadores de la lactosa, aún de los fermentadores lentos.

La triptosa es la fuente de nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, las sales de fosfato proveen un sistema buffer, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico

Es un medio selectivo, ya que el lauril sulfato de sodio inhibe el desarrollo de la flora acompañante. Por la fermentación de la lactosa, se produce ácido y gas, éste último se evidencia al utilizar las campanas Durham.

Fórmula (en gramos por litro).		Instrucciones.
Triptosa	20.0	Suspender 35,6 g del polvo en 1 litro de agua destilada.  Dejar reposar 5 minutos.  Calentar a ebullición hasta la disolución total.  Distribuir en tubos conteniendo tubos de fermentación.  Esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 121°C.
Lactosa	5.0	
Cloruro de sodio	5.0	
Lauril sulfato de sodio	0.1	
Fosfato dipotásico	2.75	
Fosfato monopotásico	2.75	
pH final: 6.8 ± 0.2		

#### Siembra.

Para recuento de coliformes totales, técnica del Número Más Probable:  
a.- Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

Número de tubos	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10 ml	10 ml	Doble
3	1 ml	10 ml	Simple
3	0.1 ml	10 ml	Simple



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

b.- Para muestras sólidas (alimentos, cosméticos, fármacos), efectuar diluciones seriadas  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  y sembrar cada dilución por triplicado en medio de cultivo simple concentración.

Número de tubos	Dilución de la muestra	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	$10^{-1}$	1 ml	10 ml	Simple
3	$10^{-2}$	1 ml	10 ml	Simple
3	$10^{-3}$	1 ml	10 ml	Simple

### Incubación

Incubar los tubos 24 - 48 horas a 35-37 °C.

### Resultados.

Considerar como positivos aquellos tubos que presentan gas.

Microorganismos	Crecimiento	Producción de gas
Enterobacter aerogenes.	Bueno a excelente	+
Escherichia coli ATCC 25922.	Bueno a excelente	+
Salmonella typhimurium ATCC 14028.	Bueno a excelente	-
Staphylococcus aureus ATCC 25923.	Inhibido	Inhibido

El resultado del número más probable se expresa por 100 ml para muestras fluidas y por gramo para muestras sólidas.

### Características del medio.

Medio preparado: ámbar claro a ligeramente opalescente. Si se conserva en frío, generalmente flocula o forma precipitado.

### Almacenamiento:

Si se conserva entre 25-30 °C o estufa de incubación a 35-37 °C permanece claro.

Anexo 5.- Tablas de Resultados de los análisis fisicoquímicos

pH (6,5 - 8,5)																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,5	6,5	6,9	6,9	6,5	6,6	6,6	6,5
2	7,1	7	6,7	6,7	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	6,6	7	6,9	6,5	6,7	6,6	6,9
3	7	6,9	6,7	6,7	6,7	6,7	6,5	6,5	6,6	6,6	7,1	7,1	6,5	6,6	6,7	6,6
4	7	6,9	6,7	6,7	6,9	6,9	6,5	6,5	6,6	6,6	7,2	7,2	6,5	6,6	6,7	6,6
5	6,8	6,9	6,7	6,7	6,8	6,8	6,5	6,5	6,5	6,6	7,3	7,3	6,6	6,5	6,7	6,6

pH (6,5-8.5)																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6	7,1	7,1	6,6	6,6	6,6	6,6
2	6,9	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6	6,5	6,7	6,7	7,2	7,2	6,6	6,7	6,6	6,7
3	6,8	6,9	6,7	6,7	6,8	6,8	6,6	6,6	6,7	6,7	7,1	7,1	6,5	6,6	6,5	6,6
4	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6	6,7	6,8	7,3	7,3	6,6	6,7	6,5	6,6
5	6,9	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	6,6	6,8	6,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,6	6,7
6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,8	7,2	7,2	6,6	6,6	6,5	6,6
7	6,9	6,9	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,6	6,7
8	6,9	6,8	6,9	6,9	6,9	6,9	6,7	6,7	6,7	6,7	7,2	7,2	6,6	6,6	6,6	6,7
9	6,8	6,8	6,9	6,9	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6	7,2	7,2	6,6	6,5	6,7	6,6
10	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	7,2	7,2	6,6	6,6	6,6	6,6
11	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,8	7,2	7,2	6,7	6,6	6,6	6,7

CONDUCTIVIDAD																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	63	63,0	65,6	65,3	66,5	66,6	67,6	67,55	62,7	62,8	69,7	70,1	61,35	61,4	58,35	58,4
2	63,5	63,6	60,9	61,0	69,5	69,5	67,2	67,4	60,7	60,6	70,5	70,5	58,7	58,8	57,3	57,3
3	63,5	63,6	60,4	60,1	63,4	63,8	63,8	63,85	62,0	62,8	70,5	70,5	57,8	57,9	57,25	57,4
4	64,1	64,1	60,4	60,2	64,3	64,5	63,2	63,3	63,0	63,1	70,1	70,2	57,6	57,6	57,05	57,0
5	64,1	64,4	59,3	59,2	62,1	62,6	63,0	63,2	62,0	62,1	70,8	70,8	57,6	57,6	57,35	57,3



CONDUCTIVIDAD																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	64,4	64,4	58,5	58,9	62,1	62,0	68,9	68,	61,3	61,4	70,2	70,5	59,8	60,2	58,3	58,4
2	64,4	64,4	58,5	58,4	62,9	62,9	65,4	65,4	61,2	61,3	70,5	71,1	59,3	59,3	57,6	57,8
3	64,2	64,1	58,2	58,3	64,5	64,4	69,7	69,2	61,7	61,7	71,2	71,2	60,4	60,4	59,8	59,5
4	64,8	64,8	58,3	58,4	98,3	68,2	64,8	64,7	63,2	63,3	71,2	71,3	69,0	68,7	60,4	60,4
5	64,9	64,9	58,7	58,7	64,1	64,1	67,6	67,6	61,4	61,2	70,5	70,8	58,5	58,6	66,2	66,3
6	64,7	64,6	58,7	58,7	63,4	63,4	69,3	69,3	62,2	62,3	71	71,1	58,3	58,3	60,1	60,1
7	64,6	64,8	60,1	59,9	63,9	63,9	64,3	64,1	63,9	64	70,3	70,7	58,0	58,1	58,6	58,8
8	64,6	64,6	59,1	59	63,0	63,0	66,5	66,5	64,1	64,1	71,2	71,3	58,6	58,7	59,1	59,3
9	64,8	64,8	59,3	59,1	63,3	63,4	66,7	66,3	63,5	63,6	71,2	71,3	59,4	59,4	59,3	59,3
10	64,8	64,9	59,6	59,6	63,2	63,2	67,1	67,1	63,5	63,5	71,3	71,2	60,1	60,2	59,9	59,9
11	65,2	65	61,8	61,7	65,2	65,3	65,6	65,7	65,5	65,3	71,3	70,8	61,6	61,8	62,3	63,9

TURBIEDAD																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,63	0,62	0,63	0,6	0,65	0,66	0,64	0,65	0,57	0,59	0,58	0,59	0,57	0,57	0,83	0,84
2	0,6	0,59	0,51	0,54	0,66	0,67	0,75	0,73	0,61	0,65	0,62	0,63	0,67	0,71	0,93	0,95
3	0,9	0,89	0,41	0,85	0,7	0,68	0,62	0,63	0,56	0,58	0,58	0,61	0,65	0,68	0,89	0,97
4	0,88	0,85	0,89	0,84	0,69	0,68	0,54	0,57	0,51	0,53	0,55	0,57	0,58	0,63	0,97	0,99
5	0,9	0,89	0,92	0,91	0,7	0,71	0,64	0,64	0,52	0,52	0,54	0,58	0,56	0,59	0,84	0,93

TURBIEDAD																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,9	0,88	0,91	0,94	0,66	0,65	0,63	0,65	0,6	0,61	0,63	0,65	0,65	0,67	0,72	0,79
2	0,63	0,6	0,64	0,61	0,67	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69	0,67	0,69	0,7	0,72	0,84	0,87
3	0,41	0,52	0,52	0,53	0,81	0,82	0,58	0,59	0,57	0,59	0,54	0,58	0,57	0,59	0,73	0,74
4	0,67	0,78	0,97	0,87	0,7	0,69	0,61	0,64	0,64	0,65	0,63	0,65	0,62	0,65	0,71	0,73
5	0,88	0,86	0,89	0,85	0,71	0,68	0,63	0,64	0,66	0,67	0,67	0,69	0,69	0,72	0,85	0,86
6	0,9	0,87	0,91	0,89	0,79	0,75	0,65	0,65	0,69	0,7	0,66	0,69	0,7	0,73	0,76	0,78
7	0,66	0,65	0,87	0,85	0,67	0,68	0,58	0,6	0,59	0,61	0,59	0,63	0,74	0,75	0,86	0,89
8	0,69	0,68	0,68	0,69	0,63	0,65	0,67	0,65	0,64	0,66	0,65	0,69	0,65	0,68	0,96	0,99
9	0,7	0,69	0,71	0,75	0,62	0,63	0,67	0,68	0,69	0,71	0,68	0,72	0,71	0,75	0,85	0,86
10	0,8	0,82	0,81	0,85	0,69	0,68	0,66	0,67	0,68	0,69	0,67	0,67	0,69	0,73	0,75	0,78
11	0,95	0,93	0,97	0,89	0,67	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68	0,69	0,73	0,75	0,76	0,78

DUREZA TOTAL																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	28,8	28,8	28,8	28,8	35,2	35,2	32	32	35,2	35,2	32	32	28,8	28,8	28,8	28,8
2	28,8	28,8	28,8	28,8	32	40	32	32	38,4	38,4	32	32	28,8	28,8	28,8	28,8
3	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	35,2	35,2	32	32	32	32	25,6	25,6	32	32
4	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	35,2	35,2	32	32	28,8	28,8	32	32
5	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	35,2	35,2	32	32	32	32	28,8	28,8



DUREZA TOTAL																
# MUESTRAS	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	32	32	27,2	27,2	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	28,8	28,8
2	28,8	28,8	25,6	25,6	32	32	32	32	38,4	38,4	32	32	28,8	28,8	25,6	25,6
3	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	35,2	35,2	32	32	32	32	28,8	28,8
4	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	32	32	32	32
5	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
6	27,2	27,2	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	35,2	35,2	32	32	32	32	32	32
7	28,8	28,8	25,6	25,6	30,4	30,4	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
8	28,8	28,8	25,6	25,6	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	28,8	28,8
9	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	38,4	38,4	32	32	32	32	28,8	28,8
10	28,8	28,8	25,6	25,6	32	32	32	32	35,2	35,2	32	32	32	32	28,8	28,8
11	28,8	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	28,8	28,8

ALCALINIDAD																
# MUESTRA	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	20,0	20,0	18,4	19,2	21,2	26,0	18,4	19,2	20,8	20,0	20,8	20,8	20,0	20,0	20,8	20,0
2	20,8	21,6	18,4	18,4	20,8	20,8	18,4	18,4	20,0	19,2	20,8	20,8	20,0	20,0	21,6	21,6
3	20,8	21,6	18,4	17,6	20,4	20,4	18,4	18,4	18,4	18,4	20,0	20,0	20,8	20,8	22,4	22,4
4	22,4	20,0	18,4	18,4	20,0	20,0	18,4	17,6	20,8	20,8	20,0	20,0	20,8	20,8	20,0	20,0
5	21,6	23,2	18,4	19,2	20,4	20,4	18,0	18,4	22,4	22,4	20,0	20,0	21,6	21,6	19,2	19,2

ALCALINIDAD																
# MUESTRA	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	22,4	22,4	17,6	18,4	18,4	18,4	20,4	20,4	23,2	22,4	20	20	19,2	19,2	20,8	20,8
2	20,8	20	16,8	18,4	19,6	19,2	17,6	17,6	20,8	20,8	20,8	20,8	20	20	26	20,8
3	20	21,6	17,6	17,6	20	20	18,4	18,4	20	20	21,6	21,6	20	20	20,8	26
4	21,6	20,8	17,6	16,8	19,2	18,4	17,6	17,6	17,6	17,6	20,8	20,8	20	20	20,8	26
5	20,8	21,6	17,6	17,6	20	20	17,6	17,6	21,6	21,6	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
6	23,2	23,2	17,6	17,6	19,2	19,2	18,4	18,4	21,6	23,2	21,6	21,6	20,8	20,8	20	20
7	20,8	20,8	17,6	17,6	19,2	19,2	17,6	17,6	19,2	19,2	20	20	20,8	20,8	20,8	20,8
8	21,6	21,6	18,4	17,6	19,2	20	18,4	18,4	23,2	23,2	20,8	20,8	20,8	20,8	20	20
9	22,4	21,6	17,6	17,6	19,2	19,2	17,6	17,6	22,4	22,4	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
10	21,6	20,8	17,6	17,6	20	20	17,6	17,6	20	20	21,6	21,6	21,6	21,6	20,8	20,8
11	22,4	22,4	18,4	18,4	19,2	19,2	17,6	17,6	22,4	22,4	20,8	20,8	20,8	20,8	21,6	21,6





SULFATOS																
# MUESTRA	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	18	18	23	23	27	27	27	27	27	27	36	38	26	26	23	23
2	19	19	25	25	28	28	27	27	26	26	30	30	24	24	24	24
3	21	21	24	24	27	27	28	28	29	29	31	31	25	25	23	23
4	19	19	25	25	28	28	27	27	30	30	31	31	25	25	23	23
5	20	20	24	24	28	28	27	27	30	30	31	31	25	25	23	23

SULFATOS																
# MUESTRA	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	19	19	24	24	28	28	26	26	29	29	30	30	26	26	23	23
2	18	18	25	25	30	30	27	27	28	28	30	30	26	26	22	22
3	19	19	25	25	29	29	28	28	29	29	29	29	25	25	24	24
4	20	20	26	26	32	32	25	25	28	28	30	30	28	28	28	28
5	20	20	24	24	29	29	28	28	28	28	30	30	25	25	24	24
6	19	19	25	25	29	29	28	28	31	30	32	32	25	25	24	24
7	20	20	25	25	29	29	28	28	27	27	30	30	24	24	24	24
8	20	20	26	26	31	31	28	28	29	29	31	31	24	24	23	23
9	19	19	26	26	32	32	28	28	28	28	31	31	27	27	24	24
10	20	20	24	24	35	35	28	28	29	29	30	30	25	25	26	26
11	19	19	25	25	30	30	29	29	29	29	32	32	24	24	26	26

NITRATOS																
# M	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,6	0,6	1,3	1	1	1,1	1,4	1,1	2	2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,8	0,6
2	1,1	0,8	1,7	1,1	1,1	1	1,7	1,4	2	2	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6
3	0,8	0,8	1,2	1,1	0,8	0,8	1,3	1,1	2	1	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9
4	1,1	1,4	0,7	0,6	1,1	1	0,8	0,6	1	1	0,8	0,7	1	1	0,7	0,7
5	2,5	2,3	0,4	0,9	0,9	1	1,1	0,9	1	1	0,7	0,6	0,9	1	0,6	0,7

NITRATOS																
# MUESTRA	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,9	0,8	1,2	1,1	0,8	0,8	1,3	1,2	2	2	0,8	0,7	0,9	0,9	0,5	0,5
2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1	0,9	1,2	0,9	2	2	0,9	0,9	0,6	0,6	0,8	0,9
3	1,1	1	1,6	1,5	1,1	0,8	1,1	1,3	2	2	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6
4	0,8	0,7	1,1	1	0,8	0,8	0,9	0,8	1	1	0,9	1,1	0,9	0,9	0,6	0,6
5	1,7	1,4	0,8	0,7	1	0,9	0,7	0,7	2	2	0,6	0,6	1,2	1,2	0,6	0,7
6	0,8	0,6	1	1,2	0,9	0,8	0,6	0,8	2	2	0,9	1	1	1	0,5	0,5
7	0,8	0,6	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	2	2	0,9	0,9	1,7	1,7	0,8	0,8
8	1,8	1,4	1,7	1,5	0,9	1	0,8	0,8	1	1	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9
9	1	0,8	1	0,9	0,8	0,8	1,7	1,7	1	1	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,8
10	0,8	0,6	0,9	0,8	0,7	0,7	1,2	1,4	1	1	0,7	0,7	0,7	0,7	1	1
11	1,1	0,9	1,1	0,8	0,8	0,9	1,6	1,4	1	1	0,5	0,5	1,4	1,5	0,6	0,6

NITRITOS																
# M	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001	0,001	0,002	0,002	0,006	0,006
2	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
3	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
4	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004	0,003	0,006	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
5	0,009	0,009	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

NITRITOS																
# M	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,009	0,008	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
2	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002
3	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003
4	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
5	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003
6	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,006	0,006	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
7	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
8	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004
9	0,001	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004
10	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003
11	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,005	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002



CLORO LIBRE																
# M	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,32	0,32	0,33	0,33	0,32	0,32	0,38	0,38	0,66	0,66	0,34	0,34	0,3	0,3	0,38	0,38
2	0,38	0,38	0,32	0,32	0,35	0,35	0,33	0,33	0,81	0,81	0,32	0,32	0,34	0,34	0,47	0,47
3	0,38	0,38	0,32	0,32	0,33	0,33	0,32	0,32	0,42	0,42	0,34	0,34	0,34	0,34	0,42	0,42
4	0,33	0,33	0,38	0,38	0,31	0,31	0,37	0,37	0,5	0,5	0,3	0,3	0,34	0,34	0,49	0,49
5	0,33	0,33	0,36	0,36	0,34	0,34	0,36	0,36	0,34	0,34	0,36	0,36	0,39	0,39	0,58	0,58

CLORO LIBRE																
# M	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8	
1	0,37	0,37	0,32	0,32	0,35	0,35	0,45	0,45	0,51	0,51	0,38	0,38	0,36	0,36	0,72	0,72
2	0,34	0,34	0,32	0,32	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45	0,32	0,32	0,38	0,38	0,67	0,67
3	0,39	0,39	0,31	0,31	0,33	0,33	0,43	0,43	0,42	0,42	0,34	0,34	0,42	0,42	0,66	0,66
4	0,36	0,36	0,38	0,38	0,33	0,33	0,45	0,45	0,36	0,36	0,36	0,36	0,31	0,31	0,39	0,39
5	0,34	0,34	0,36	0,36	0,31	0,31	0,45	0,45	0,5	0,5	0,39	0,39	0,41	0,41	0,38	0,38
6	0,38	0,38	0,32	0,32	0,37	0,37	0,36	0,36	0,56	0,56	0,33	0,33	0,36	0,36	0,41	0,41
7	0,32	0,32	0,34	0,34	0,35	0,35	0,42	0,42	0,59	0,59	0,35	0,35	0,35	0,35	0,63	0,63
8	0,37	0,37	0,34	0,34	0,38	0,38	0,44	0,44	0,55	0,55	0,39	0,39	0,4	0,4	0,55	0,55
9	0,37	0,37	0,37	0,37	0,32	0,32	0,41	0,41	0,47	0,47	0,33	0,33	0,35	0,35	0,53	0,53
10	0,37	0,37	0,38	0,38	0,36	0,36	0,41	0,41	0,57	0,57	0,35	0,35	0,41	0,41	0,65	0,65
11	0,35	0,35	0,39	0,39	0,32	0,32	0,46	0,46	0,46	0,46	0,31	0,31	0,42	0,42	0,66	0,66



Anexo 6.- Resultado del análisis biológico

# Muestras	Código	Resultados de los 8 muestreos
1	0-0-0	<2*
2	0-0-0	<2*
3	0-0-0	<2*
4	0-0-0	<2*
5	0-0-0	<2*
6	0-0-0	<2*
7	0-0-0	<2*
8	0-0-0	<2*
9	0-0-0	<2*
10	0-0-0	<2*
11	0-0-0	<2*
12	0-0-0	<2*
13	0-0-0	<2*
14	0-0-0	<2*
15	0-0-0	<2*
16	0-0-0	<2*



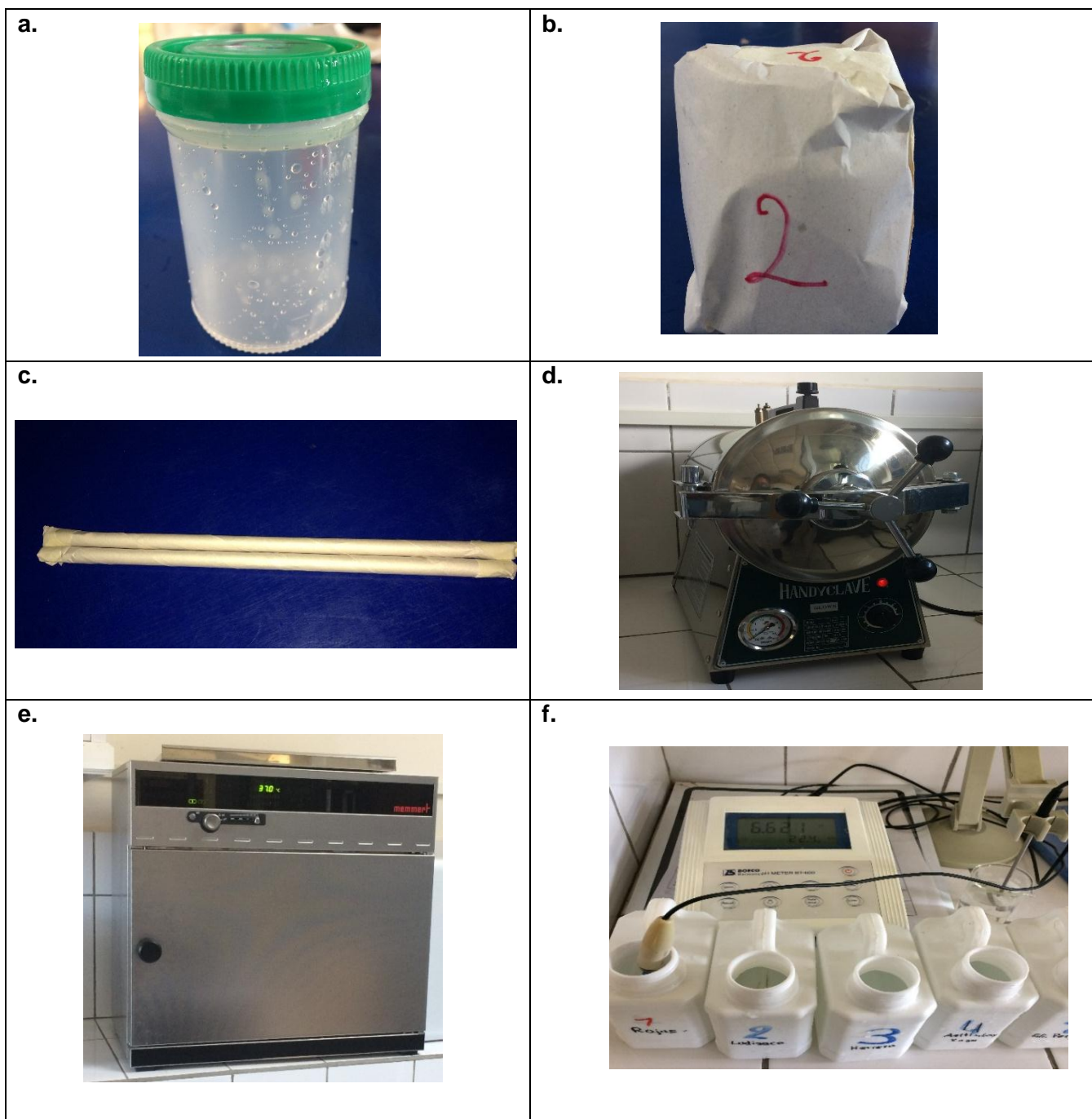
## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Anexo 7.- Viviendas en las cuales se tomaron las muestras de agua para los respectivos análisis

Código	Familia
<b><u>Sector Zhirincay:</u></b>	
1	Familia Rojas.
2	Familia Ludisaca
3	Familia Herrera.
4	Familia Asitambay.
5	Familia Pérez.
<b><u>Sector Corazón de María:</u></b>	
6	Familia Ludisaca
7	Familia Vega.
8	Familia Tacuri
9	Familia Luna
10	Familia Ziguencia
11	Familia Salto
12	Familia Contreras
13	Familia Barros
14	Familia Castro
15	Familia Macancela
16	Familia Paguay

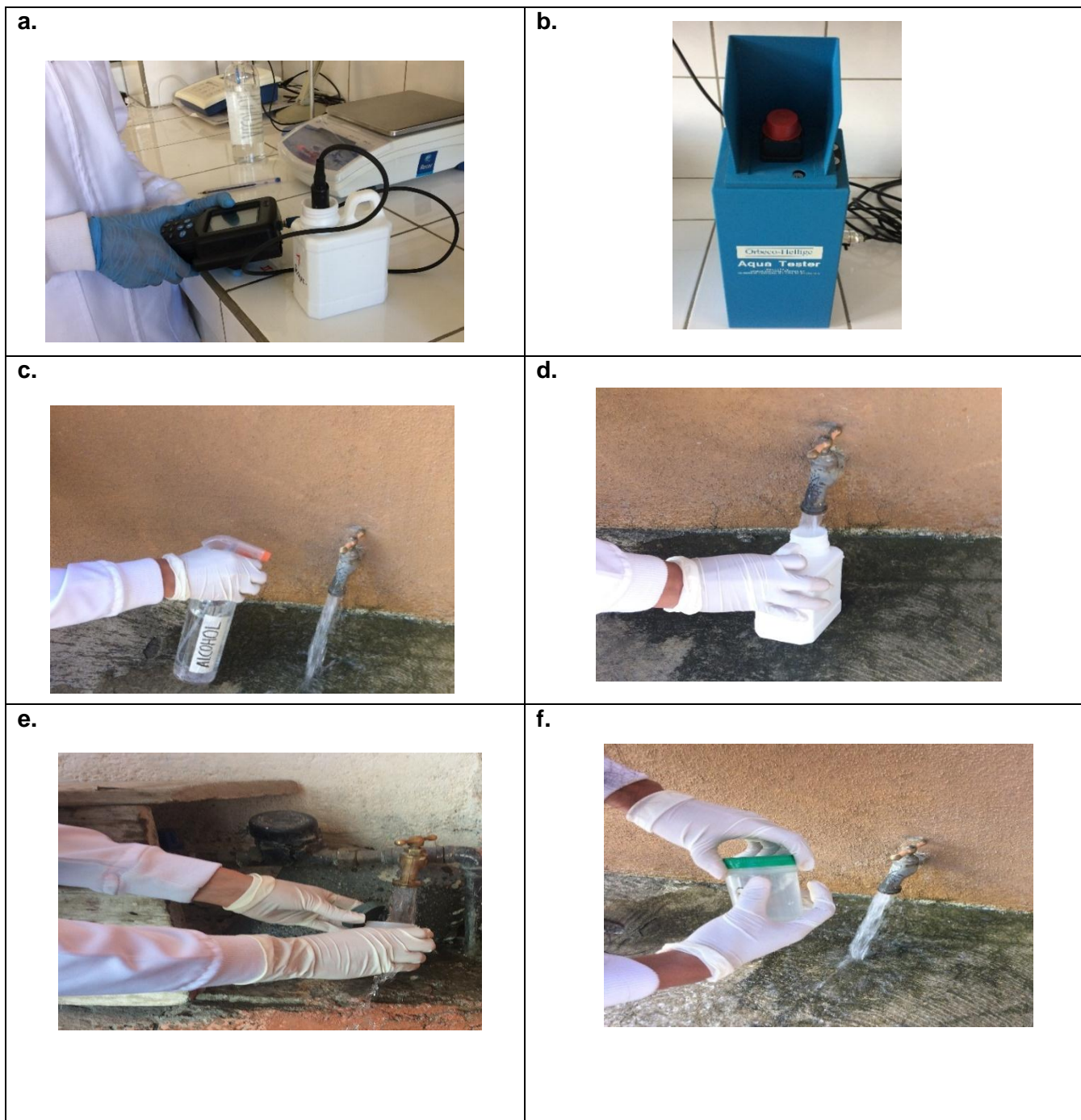
Número de viviendas para la toma de muestras= 16 muestras en total.

Anexo 8.- Fotos

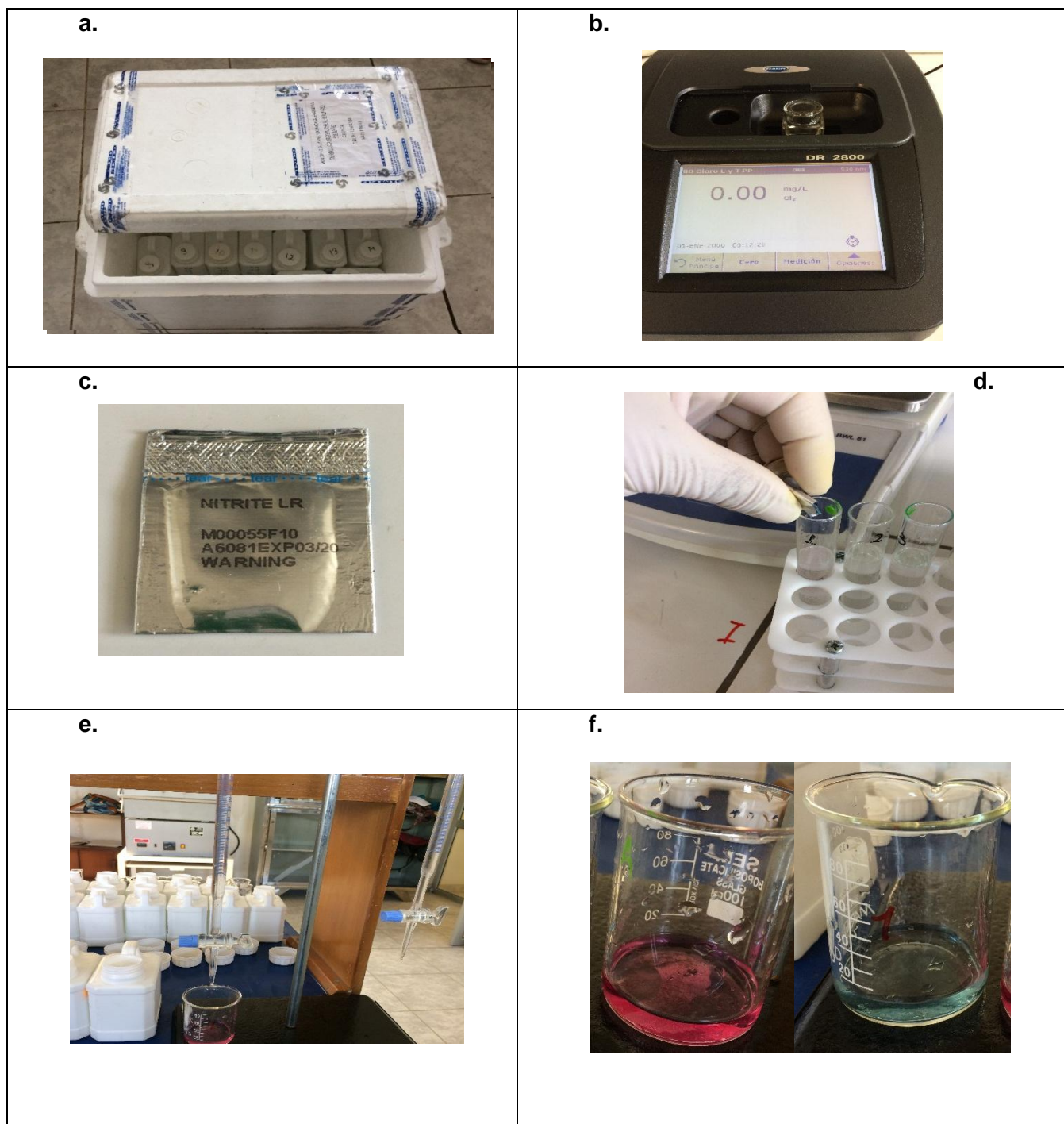


- a. Envase plástico para análisis microbiológico b. Envase esterilizado y etiquetado para el análisis microbiológico c. Pipetas esterilizadas d. Autoclave e. Estufa f. Análisis del pH del agua





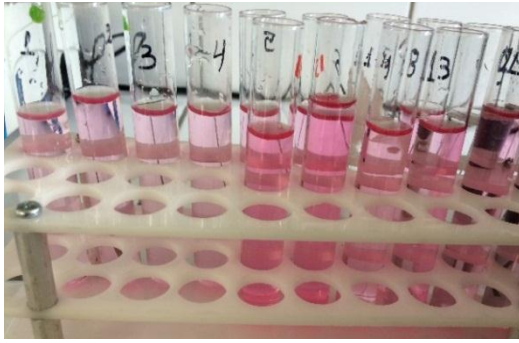
**a.** Análisis de la conductividad **b.** Análisis del color **c.** Desinfección del grifo **d.** Toma de muestra para el análisis fisicoquímico **e.** Toma de muestra para el análisis microbiológico **f.** Cierre inmediato del envase para análisis microbiológico.



- a.** Medio de transporte de las muestras de aguas **b.** Equipo para el análisis físico del agua **c.** Sobre del reactivo del nitrito **d.** Adición del reactivo sobre la muestra de agua **e.** Titulación con EDTA para determinar la dureza total **f.** Viraje de la dureza total de rosado a azul.



a.



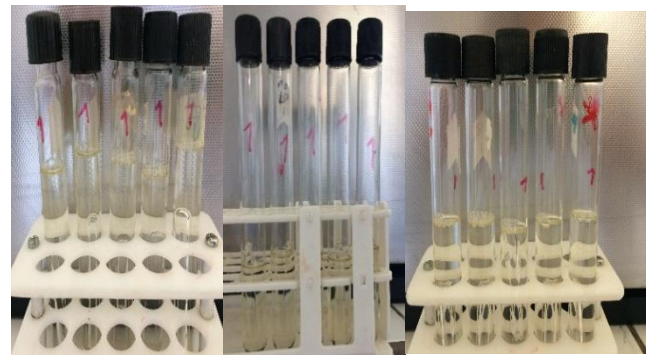
b.



c.



d.



Tubos de 2x, 1x y 1x de caldo LST.

- a. Muestras a analizar con el reactivo de cloro b. Determinación de la alcalinidad c. Siembra microbológica d. Tubos de doble concentración, de simple concentración y de simple concentración con el medio de Lauril Sulfato de Sodio.